

008092958 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 1989-358070/198949

Related WPI Acc No: 1988-347992

XRPX Acc No: N89-272193

**System for ion beam lithography - uses subsidiary beams for accurate control of ion beam einzel and gap lenses to minimise distortion and chromatic blurring**

Patent Assignee: IMS IONEN MIKROFABRIKATIONS SYSTEME GMBH (IMSI-N); OESTERR INVESTITIONSKREDIT AG (OEIN-N); IMS IONEN MIKROFAB SYSTEM (IMSI-N); IONEN MIKROFABRICATIONS (IONE-N); OESTER INVESTITION (OSIN-N)

Inventor: GLAVISH H; STENGL G; GLAVISH H F

Number of Countries: 010 Number of Patents: 005

## Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week	
EP 344646	A	19891206	EP 89109553	A	19890526	198949	B
JP 2065117	A	19900305	JP 89140231	A	19890601	199015	
US 4985634	A	19910115	US 88226275	A	19880729	199106	
EP 344646	B1	19980930	EP 89109553	A	19890526	199843	
DE 68928821	E	19981105	DE 628821	A	19890526	199850	
			EP 89109553	A	19890526		

Priority Applications (No Type Date): US 88226275 A 19880729; US 88201959 A 19880602

Cited Patents: 6.Jnl.Ref; A3...9116; No-SR.Pub

## Patent Details:

Patent No	Kind	Lan Pg	Main IPC	Filing Notes
-----------	------	--------	----------	--------------

EP 344646	A	E	41	
-----------	---	---	----	--

Designated States (Regional): AT BE DE FR GB IT NL SE	
---	--

US 4985634	A	32	
------------	---	----	--

EP 344646	B1	E	H01J-037/317
-----------	----	---	--------------

Designated States (Regional): AT BE DE FR GB IT NL SE	
---	--

DE 68928821	E	H01J-037/317	Based on patent EP 344646
-------------	---	--------------	---------------------------

## Abstract (Basic): EP 344646 A

The extraction electrodes (152 and 150) at the exit of ion source (12) form a beam of less than 20 micrometer diameter which passes through an alignment stage (154) and the analysing solenoid (18) containing the shutter (38) to the mask (164) in mask assembly (20). The dose monitor (156) helps determine exposure time. The beam then passes through the Einzel lens (22) and the gap lens (24) to the target (26).

The lens combination produces a telecentric beam and minimises distortion and chromatic blurring. In the alignment scanner and detector system (32) beamlets are separated from the main beam and used on conjunction with marks on the wafers to direct control voltages to the lens assembly. A metrology system, permanently mounted in end stationa (60) in the pref. version, is provided for setup and calibration.

USE/ADVANTAGE - High precision lithographic projection - esp. useful when accurate overlay is required.

2/11

Title Terms: SYSTEM; ION; BEAM; LITHO; SUBSIDIARY; BEAM; ACCURACY; CONTROL; ION; BEAM; GAP; LENS; MINIMISE; DISTORT; CHROMATIC; BLUR

Derwent Class: P82; U11; V05

International Patent Class (Main): H01J-037/317

International Patent Class (Additional): H01J-037/30; H01J-037/304; H01J-037/31

File Segment: EPI; EngPI

⑩ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A) 平2-65117

⑬ Int. Cl.<sup>3</sup>

H 01 L 21/027

識別記号 庁内整理番号

⑭ 公開 平成2年(1990)3月5日

7376-5F H 01 L 21/30

351

審査請求 未請求 請求項の数 49 (全39頁)

⑮ 発明の名称 イオン投射リソグラフィー装置および方法

⑯ 特 願 平1-140231

⑰ 出 願 平1(1989)6月1日

優先権主張 ⑲ 1988年6月1日 ⑳ 欧州特許機構(E P) ㉑ 8890133.7

㉒ 発 明 者 ゲルハルト ステング オーストリア国、カリンチア、A - 9241 ベルンベルク、  
ル ウムベルク 41

㉓ 出 願 人 イーエムエス イオー  
ネン ミクロファブ  
リカチオанс ジステ  
ーメ ゲゼルシャフト  
ミト ベシュレンク  
テル ハフツング

㉔ 代 理 人 弁理士 小林 和憲 外1名  
最終頁に統く

明細書の添付(内容に変更なし)

明 細 書

1. 発明の名称

イオン投射リソグラフィー装置および方法

2. 特許請求の範囲

(1) イオンビームを供給する手段、

所望のビームパターンを製造するための装置とともに前記イオンビームの通路内にあるマスク、

前記マスクの後ろの光学コラム、

前記イオン通路に沿って配置された第1および第2主レンズによって画成される前記コラム、

前記コラム内にクロスオーバーを形成するように配置された加速アインツエルレンズである前記第1レンズ、

前記クロスオーバーの後に位置決めされかつ前記マスクの縮小された画像を投射するように配置されたギャップレンズである前記第2レンズ、

前記画像を受光するターゲットを支持するための前記ギャップレンズの後ろのターゲットステーションからなることを特徴とするイオン投射リソグラフィ装置。

(2) 前記マスクは前記第1レンズの第1焦点面において実質上配置されかつ前記ターゲットステーションは実質上前記第2レンズの第2焦点面に置かれるこれを特徴とする請求項1に記載のイオン投射リソグラフィ装置。

(3) 前記イオンビームを供給するような前記手段はイオン源および該イオン源より前記コラムから離れた前記イオン源の虚像を前記レンズコラムに供給するような手段からなりそして(1)前記第1レンズの第2焦点面と前記第2レンズの前記第1焦点面との間に、かつ(2)前記マスクと前記ソースおよび前記マスクの虚像を西成する点との間の距離は同時に実質上最小にされる前記レンズから生起する色ぼけおよび幾何学的ひずみとともに前記ターゲットにおいて前記マスクの前記画像を発生するように選択されることを特徴とする請求項2に記載のイオン投射リソグラフィ装置。

(4) 前記レンズは前記第2レンズに統いている実質上テレセントリックビームを発生するように前記第2レンズの実質上第1焦点面に前記第1レンズの前

記クロスオーバーを配置するように位置決めされることを特徴とする請求項3に記載のイオン投射リソグラフィ装置。

(5)前記レンズ系は実質以下の条件を同時に満足させそれにより第2レンズから出ているビームは実質上テレセントリックでありかつそれが達するととき画面が実質上色ぼけおよび幾何学的ひずみがない、すなわち、

$$(1) q p = f_1 f_2$$

$$(2) \frac{(\delta_1 / f_1)}{(\delta_1' / f_1')} \approx \frac{p}{p + f_1}$$

$$(3) \frac{G(p)}{(D' / f_1')} \approx \left( \frac{p}{f_2} \right)^2$$

ここで、

$q$  は第1レンズの第2焦点面と第2レンズの第1焦点面との間の距離、

$p$  は前記イオン源の虚像を画成する点と前記マスクとの間の距離、

$f_1$  は前記第1レンズの第1焦点距離、

$f_1'$  は前記第2レンズの第1焦点距離、

$$r_2' \sim f_1' \theta_1 + D' \theta_2$$

ここで、 $r_2'$  は第2レンズの第2焦点面での放射線の半径方向座標であることを特徴とする請求項1に記載のイオン投射リソグラフィ装置。

(6)約50～200kVの間のエネルギーで前記ターゲットにおいて前記イオンビームのイオンを供給するように通用されることを特徴とする請求項1ないし5のいずれか1項に記載のイオン投射リソグラフィ装置。

(7)約1～10kVの間のエネルギーで前記マスクにおいて前記イオンビーム内にイオンを供給するようになされることを特徴とする請求項6に記載のイオン投射リソグラフィ装置。

(8)前記ターゲットでの前記マスクの前記画像は1.5またはそれ以上の因数によって縮小され、前記ターゲットでの前記画像は幅および高さが1.0mm以下でないことを特徴とする請求項1ないし5のいずれか1項に記載のイオン投射リソグラフィ装置。

(9)さらに、1対のフィールド制御開口からなり、

$f_2$  は第1レンズの第2焦点距離、

$\delta_1$  および  $\delta_1'$  は、前記ビーム内の前記イオンのエネルギー変化による、前記第1および第2レンズの第1焦点距離の変化であり、

$$G(p) = a p^3 + b p^2 + c p + d$$

ここで、 $a$ 、 $b$ 、 $c$  および  $d$  は第3順位の収差の存在において、第1レンズの第2焦点面への第1焦点面からの変換関数に関連づけられるレンズ定数であり、前記変換関数は、

$$\begin{aligned} \theta_2 &= -\tau_1 / f_2 + a \tau_1 + b \tau_1 \theta_1 + \\ &\quad c \tau_1 \theta_1 + d \theta_1 \end{aligned}$$

の式からなり、ここで、 $\theta_1$  は前記第1レンズの第2焦点面における一定のイオン放射線の変換された横方向角度座標であり、 $\tau_1$ 、 $\theta_1$  は前記マスクでの前記第1レンズの第1焦点面での横座標でありかつ  $D'$  は第1焦点面から前記第2レンズの第2焦点面への変換係数であり、

1方が前記マスクのまわりの区域および前記アイソエルレンズの第3電極の開口のまわりの区域において前記第2電極から生起する電界強度を減じるために前記アイソエルレンズの第2電極の各側に配置されることを特徴とする請求項1ないし5のいずれか1項に記載のイオン投射リソグラフィ装置。

即前記第1および第2レンズに7～20の範囲の電圧比を印加するようになされたことを特徴とする請求項1ないし5のいずれか1項に記載のイオン投射リソグラフィ装置。

(10)前記イオンビームを供給するための前記手段はイオン源および該イオン源と前記マスクとの間に配置されたレンズとからなり、該レンズは色ぼけおよびレンズひずみを同時に最小にするために前記装置を精密同調するように前記光学コラムの軸線に沿って実際のソース点を選択するために配置されることを特徴とする請求項1ないし5のいずれか1項に記載のイオン投射リソグラフィ装置。

(11)前記レンズはソレノイドであり、該ソレノイドはそれらの質量に応じて前記粗細の異なる偏向によ

り前記イオン源から発せられた異なる質量の種々の種類から所望のイオンの種類の選択に寄与するようになされていることを特徴とする請求項11に記載のイオン投射リソグラフィ装置。

即ちさらに、所望の種類から質量において異なるイオンの通過を阻止するように前記第1および第2レンズ間に置かれた開口からなることを特徴とする請求項12に記載のイオン投射リソグラフィ装置。

即ちさらに、Y方向における画像の倍率に関連してX方向における前記ターゲットでの画像の倍率を変化するように4極子フィールドの適用にわたってまたは前記第2レンズ内に配置された多極手段からなることを特徴とする請求項1ないし5のいずれか1項に記載のイオン投射リソグラフィ装置。

即ち前記多極手段は実質上電界のない領域において前記第2レンズの後に置かれることを特徴とする請求項14に記載のイオン投射リソグラフィ装置。

即ちさらに、前記光学コラムの軸線に対して垂直な平面内の前記画像の調製可能な運動のために双極子界を印加するようになされた前記第1および第2レ

ンズ間に配置された多極手段からなることを特徴とする請求項1ないし5のいずれか1項に記載のイオン投射リソグラフィ装置。

即ち前記多極手段はさらに前記画像内のひずみおよびぼけの制御のために重疊された高輝度界を発生するようになされていることを特徴とする請求項16に記載のイオン投射リソグラフィ装置。

即ち前記多極手段は前記ビームに対して平行なオフセットを導入するようになされたアーク状電極の1対の連続する16極の円形アレイであることを特徴とする請求項16に記載のイオン投射リソグラフィ装置。

即ちさらに、前記画像内のひずみおよびぼけのバランスを微細同調するためのレンズ電圧の変化用電圧調整装置からなることを特徴とする請求項1ないし5項のいずれか1項に記載のイオン投射リソグラフィ装置。

即ち前記電圧調整装置はさらに前記ターゲットにおいて前記画像の前記倍率を同調するために前記レンズ電圧の比例しない調整が可能であることを特徴と

する請求項19に記載のイオン投射リソグラフィ装置。

(21) 前記ギャップレンズの第1電極の電圧は前記AINツエルレンズの第1および第3電極の電圧と実質上同一でありかつ前記ギャップレンズの第2電極の電圧は前記AINツエルレンズの第2電極と実質上同一でありそれにより電源のリップル作用はレンズコラムの電圧比を実質上変化せずかくして前記ターゲットステーションでの画像の品質を実質上留保することを特徴とする請求項1ないし5のいずれか1項に記載のイオン投射リソグラフィ装置。

(22) 前記ターゲットでの前記画像の倍率を変えるために前記ギャップレンズの直径を変化することができるよう構成され。

前記変化時、前記第2レンズから出る前記ビームは、実質上テセントリックのままでありかつ画像面において実質上色収差および幾何学的ひずみがないことを特徴とする請求項1ないし5のいずれか1項に記載のイオン投射リソグラフィ装置。

(23) 前記レンズコラムは該レンズコラムの全長に

実質上延在する外部の、堅固な金属殻体を含み、該殻体は定電位であり、かつ前記AINツエルレンズの第1および第3電極および前記ギャップレンズの第1電極を直接支持し、前記AINツエルレンズの中央電極は金属殻体の内部上に支持のために係合される絶縁体によって支持されかつ前記ギャップレンズの第2電極は前記堅固な殻体の下流端によって支持される絶縁ブッシュを介して支持されることを特徴とする請求項1ないし5のいずれか1項に記載のイオン投射リソグラフィ装置。

(24) 高透磁率の磁性材料からなる筒状シールドがまわりに延びかつ前記堅固な金属殻体によって支持されることを特徴とする請求項23に記載のイオン投射リソグラフィ装置。

(25) 前記筒状シールドは一連の除去可能な長手方向セグメントからなることを特徴とする請求項24に記載のイオン投射リソグラフィ装置。

(26) 高透磁率の磁性材料からなる端板が前記筒状シールドとの磁気的連続性を設けるような方法において前記筒状シールドの各端部に取り付けられるこ

とを特徴とする請求項24に記載のイオン投射リソグラフィ装置。

(27) イオンビームを供給する手段、

所望のビームパターンを製造するための装置とともに前記イオンビームの通路内にあるマスク、

前記マスクの後ろの光学コラム、

前記イオン通路に沿って配置された第1および第2主レンズによって画成される前記コラム、

前記イオンビームを焦点合せするように配置されている前記第1レンズ、

前記第1レンズの後ろに位置決めされかつ縮小された前記マスクの画像を投射するように配置される前記第2レンズ、

前記画像を受容するターゲットを支持するための前記第2レンズの後ろのターゲットステーション、および前記光学コラムのまわりに延在する高透磁率の磁性材料からなるシールド、および管状シールドを画成する一連の除去可能な長手方向セグメントおよび前記管状エンクロージャとの磁気的連続性の高透磁率の磁性材料からなる端板から構成される前記

シールドからなることを特徴とするイオン投射リソグラフィ装置。

(28) 前記管状シールドは前記光学コラムのまわりに取り付けられた1組の長手方向に延在する周囲で間隔を置いたリブ、および隣接リブ間のギャップにかつそれらと磁気的に連続性において広がる1組の除去可能な長手方向に延在する側板によって画成されることを特徴とする請求項27に記載のイオン投射リソグラフィ装置。

(29) イオンビームが露光される磁界に対する調整を設けるように配置されたシールド内に導電体を含むことを特徴とする請求項24ないし28のいずれか1項に記載のイオン投射リソグラフィ装置。

(30) 前記導電体は前記シールド内の細長いループのアレイからなることを特徴とする請求項29に記載のイオン投射リソグラフィ装置。

(31) 長手方向に延在する導電性ループのアレイは前記シールドと関連づけられ、前記ループは管状シールド内に周方向に磁束を確立するように配置されることを特徴とする請求項24に記載のイオン投射

リソグラフィ装置。

(32) 前記シールドを消磁するように前記ループに交流電流を印加するための手段および前記シールドの透磁率を増加するように前記ループに一次的に小さなバイアス電流を印加するための手段を含むことを特徴とする請求項31に記載のイオン投射リソグラフィ装置。

(33) 前記各導電ループは前記管状シールドの内外部に沿って延在する長手方向に伸びる導電性セグメントからなることを特徴とする請求項31に記載のイオン投射リソグラフィ装置。

(34) イオンビームが露光され磁界への調整を設けるように配置された前記シールド内に導電体を含むことを特徴とする請求項31に記載のイオン投射リソグラフィ装置。

(35) イオンビームを供給する手段、

所望のビームパターンを製造するための装置とともに前記イオンビームの通路内にあるマスク、

前記マスクの後ろの光学コラム、

前記イオン通路に沿って配置された第1および第

2主レンズによって画成される前記コラム、

前記イオンビームを焦点合せするように配置されている前記第1レンズ、

前記第1レンズの後ろに位置決めされかつ縮小された前記マスクの画像を投射するように配置される前記第2レンズ

前記画像を受容するターゲットを支持するための前記第2レンズの後ろのターゲットステーションからなり、

前記イオンビームを供給する手段がイオン源および前記光学コラムの引く線に沿って実際のソース点を選択するために前記イオン源と前記マスクとの間に配置されるソレノイドレンズからなり、

前記ソレノイドがそれらの質量に応じて種々の種類の異なる偏向によって前記イオン源から発生された種々の質量の前記種類からの所望のイオンの選択に寄与するようになされることを特徴とするイオン投射リソグラフィ装置。

(36) 前記ソレノイドは前記ソレノイドの通過の間中前記イオンビームの回転を阻止するようになされ

た対向巻回の二重ソレノイドであることを特徴とする請求項3.5に記載のイオン投射リソグラフィ装置。

(37) さらに、所望の種類から質量の異なるイオンの通過を阻止するように寸法づけられた前記第1および第2レンズ間に置かれた開口からなることを特徴とする請求項3.5または3.6に記載のイオン投射リソグラフィ装置。

(38) イオンビームを供給する手段、

所望のビームパターンを製造するための装置とともに前記イオンビームの通路内にあるマスク、

前記マスクの後ろの光学コラム、

前記イオン通路に沿って配置された第1および第2主レンズによって画成される前記コラム、

前記イオンビームを焦点合せするように配置されている前記第1レンズ、

前記第1レンズの後ろに位置決めされかつ縮小された前記マスクの画像を投射するように配置される前記第2レンズ、

前記画像を受容するターゲットを支持するための前記ギャップレンズの後ろのターゲットステージ。

ン、

前記第2レンズ内にまたはそれを越えて配置される多極手段およびY方向への画像の倍率に関連してX方向の前記ターゲットでの画像の倍率を変えるために前記多極手段に4極子界を印加するようになされた電圧制御装置からなることを特徴とするイオン投射リソグラフィ装置。

(39) 前記多極手段は実質上電界のない領域内で前記第2レンズの後ろに配置されることを特徴とする請求項3.7に記載のイオン投射リソグラフィ装置。

(40) 前記多極手段はアーク状電極の16極の円形アレイであることを特徴とする請求項3.7または3.8に記載のイオン投射リソグラフィ装置。

(41) ターゲット上に0.1ミクロン程度の大きさの面を製造するためのリソグラフ方法において、

ターゲット界にリソグラフマスクの所望の面を作像することができるイオン投射リソグラフィ装置を設け、装置が1組の調整可能なパラメータを有し、

計測面のアレイを有する計測マスクを使用し、経験に基づいてターゲット界を横切る各パラメータの

作用を決定する一方他のパラメータが1組のクサビ関数を提供するように一定に保持され、

前記界を横切って計測測定に基づき置かれる直線最適化により前記装置のパラメータを設定し、前記露光を周期的に遮断し、前記リソグラフマスクを前記界を横切って計測面のアレイを画成する計測マスクに置換し、

前記測定から1組の誤差値を決定し、そして直線最適化により、前記クサビ関数を基礎にして前記誤差値を減じるように前記組のパラメータに対する調整を決定し、前記調整を行い、そしてターゲットの前記露光を再び開始することを特徴とするリソグラフ方法。

(42) 前記計測マスクは前記ターゲットに先行する対応する対の計測イオンビームレットを発生するために直交スリット対のアレイを画成しそしてターゲット界を横切る各パラメータの作用を経験に基づいて決定する一方他のパラメータが一定に保持される工程は幅を測定しあつ前記ターゲットでの前記ビームレットの重心位置を決定することからなることを

特徴とする請求項4.1に記載のリソグラフィ方法。

(43) 1組の調整可能なパラメータを有し、X、Y方向ステージに取り付けられたターゲット上にリソグラフマスクの西像を投射するようになされ、前記X、Yステージが多數の露光位置を横切って割り出しするようになされているイオンビーム投射リソグラフィ装置において、

前記リソグラフマスクに代えられるようになされた計測マスク、前記X、Yステージに取り付けられた精密計測ステージ、

イオンビーム界を横切って割り出されるようになされる一方前記計測マスクが前記界を横切って分配される点において検知されたばけおよび幾何学的ひずみに基づいて誤差値を決定することができる前記計測ステージに取り付けられた検知器を有し、

前記誤差値は、直線最適化技術により、前記装置のばけおよび幾何学系ひずみを減じるように前記組のパラメータに対する補正を発生するのに有用であることを特徴とするイオンビーム投射リソグラフィ装置。

(44) 前記計測マスクはターゲットに先行する対応の計測イオンビームレットを発生するための直交スリット対のアレイを画成しかつ精密計測ステージに取り付けられた検知器が幅を測定しかつ該検知器でのビームレットの重心位置を決定するようになれる特徴とする請求項4-3に記載のイオンビーム投射リソグラフィ装置。

(45) 前記検知器は直交対の1つのビームレットのみが1度に対応するスリットに当たるような方法において計測ビームレットを遮断するように配置された1対の直交スリットに間連づけられることを特徴とする請求項4-3に記載のイオンビーム投射リソグラフィ装置。

(46) イオンビープを供給する手段、

所望のビームパターンを製造するための装置とともに前記イオンビームの通路内にあるマスク、

前記マスクの後ろの光学コラム、

前記イオン通路に沿って配置された第1および第2主レンズによって画成される前記コラム、

前記画像を受容するターゲットを支持するための

前記第2レンズの後ろのターゲットステーションからなり、

前記マスクは、所望の画像ビームを画成するためのマスク構造に加えて、また、レンズコラムによって作像されるようになされた基準ビームを画成しかつウエーハ上の所望の位置と整列して画像ビームを持ち来たすように接続されるアライメント制御信号を発生するためにターゲットステーションにおいて対応する基準マークを検査する1組の基準マークを有し、前記画像ビームから遮断された偏向手段はターゲットステーションでそれぞれの基準マークを横切って前記基準ビームを繰り返して走査するように設けられることを特徴とするイオン投射リソグラフィ装置。

(47) 別個の偏向手段が各基準ビームに間連づけられることを特徴とする請求項4-6に記載のイオン投射リソグラフィ装置。

(48) 前記偏向手段は静電偏向器からなりそして前記画像ビームは中空シールドを通過する一方基準ビームが前記シールドの外部に通過し、前記シールド

が前記偏向器の電界から画像ビームを保護することを特徴とする請求項4-7に記載のイオン投射リソグラフィ装置。

(49) 前記第1レンズは前記コラム内にクロスオーバーを形成するように配置された加速アイシングルレンズであり、

前記第2レンズは前記クロスオーバーの後ろに位置決めされておりかつ前記マスクの縮小された画像を投射するように配置されたギャップレンズであることを特徴とする請求項4-6ないし4-8のいずれか1項に記載のイオン投射リソグラフィ装置。

### 3. 発明の詳細な説明

本出願は引用によってこれに組み込まれる「イオンリソグラフィにおける画像アラインメント方法および装置」と題する1988年6月2日に出願されたアメリカ合衆国特許出願第201、959号の一部継続出願である。

本発明は半導体装置等を製造するためのイオンビーム投射リソグラフィである。

半導体装置等を製造するために要求される種々の

方法のうちで、リソグラフィは非常に重要な工程である。簡単に説明すると、リソグラフィ方法はフォトレジスト、または簡単に「レジスト」とよばれる感光性材料でシリコンウエーハを被覆することに始まる。リソグラフ露光手段はレジスト被覆ウエーハ上のマスクまたはレチクル上に収容されるパターンの画像を投射する。ウエーハはマスクの同一パターンがそれによりウエーハ上で多数回露光される一連の露光位置を通り歩進される。現像はウエーハ面上に所望の画像の輪郭を描くレジストパターンを取り去る。ウエーハは次いでエッチング、酸化、イオン注入、拡散および体積のごとき多様の考案得る方法のいずれか1つに従わされる。ウエーハ処理が検査された後、レジストで再び被覆されかつサイクルは8~15回繰り返され、結果としてウエーハ上に同一の微小回路のチップカボードアレイを生じる。

現在までのほとんどの投射リソグラフィがウエーハの露光のために光ビームを使用しているが、より小さな面の大きさおよび高密度の構成要素についての要求はより高い精度についての研究に至った。

X線リソグラフ装置を提供するような探究に多くの努力が費やされ、一方イオンビーム投射リソグラフィを含む他の装置が幾つか受容されたが、注目度はかなり少なかった。

本発明の主要な目的はイオンビーム投射リソグラフィについての従来の提案の制限および欠点であると思われることを克服することにある。他の目的はウエーハ上に塗られたパターンに非常に小さな面を形成することができかつ商業的な使用に適する実用的なイオンリソグラフィ装置全体を産業に提供することにある。

本発明の1つの態様によれば、イオンビームを供給する手段、所望のビームパターンを製造するための装置とともに前記イオンビームの通路内にあるマスク、前記マスクの後ろの光学コラム、イオン通路に沿って配置された第1および第2主レンズによって画成される前記コラム、該コラム内にクロスオーバーを形成するように配置された加速アインツエルレンズ（すなわち、イオンを最初に加速し、次いで減速するように形成されたアインツエルレンズ）で

ある第1レンズ、クロスオーバーの後に位置決めされかつマスクの縮小された画像を投射するように配置されたギャップレンズである第2レンズ、および画像を受光するターゲットを支持するための前記ギャップレンズの後のターゲットステーションからなるイオン投射リソグラフィ装置が提供される。

本発明のこの態様の好適な実施例は以下の特徴を有する。マスクは第1レンズの第1焦点面において実質上配置されかつターゲットステーションは実質上第2レンズの第2焦点面に置かれる。イオンビームを供給する手段はイオン源および該イオン源よりコラムから離れた前記イオン源の虚像をレンズコラムに供給するような手段からなり（1）そして第1レンズの第2焦点面と第2レンズの第1焦点面との間の、かつ（2）マスクとソース（イオン源）およびマスクの虚像を画成する点との間の距離は同時に実質上最小にされるレンズから生じる色ぼけおよび幾何学的ひずみとともにターゲットにおいてマスクの画像を発生するように選択される。レンズは第2レンズに統一している実質上テレセントリックビームを発生

するように第2レンズの実質上第1焦点面に第1レンズのクロスオーバーを配置するように位置決めされる。

本発明のとくに好適な実施例において、レンズ系は実質上以下の条件を同時に満足させそれにより第2レンズから出ているビームは実質上テレセントリックであり、かつそれが達するとき画像面が実質上色ぼけおよび幾何学的ひずみがない、すなわち、

$$(1) q_p = f_1 f_2$$

$$(2) \frac{(\theta_1 / f_1)}{(\theta_1' / f_1')} \approx \frac{p}{p + f_1}$$

$$(3) \frac{G(p)}{(D' / f_1')} \approx \left( \frac{p}{f_2} \right)^2$$

ここで、

$q$  は第1レンズの第2焦点面と第2レンズの第1焦点面との間の距離；  $p$  はイオン源の虚像を画成する点とマスクとの間の距離；  $f_1$  は第1レンズの第1焦点距離；  $f_1'$  は第2レンズの第1焦点距離；  $f_2$  は第1レンズの第2焦点距離；  $\theta_1$  および  $\theta_1'$  は、ビーム内のイオンのエネルギー変化による、第1およ

び第2レンズの第1焦点距離の変化であり、そして  $G(p) = a p^3 + b p^2 + c p + d$  である。定数  $a$ 、 $b$ 、 $c$  および  $d$  は第3順位の収差の存在において、第1レンズの第2焦点面への第1焦点面からの変換関数に関連づけられるレンズ定数であり、前記変換関数は、

$$\begin{aligned} \theta_2 &= r_1 / f_2 + a r_1 + b r_1 \theta_1 + c r_1 \\ &\quad \vdots \\ \theta_1 &+ d \theta_1 \end{aligned}$$

の式からなり、 $r_1$ 、 $\theta_1$  はマスクでの第1レンズの第1焦点面での横座標でありかつ  $\theta_1$  は第1レンズの第2焦点面における一定のイオン放射線の変換された横方向角度座標である。係数  $D'$  は第1焦点面から第2レンズの第2焦点面への変換係数であり、

$$r_2' = f_2 \theta_2 + D' \theta_1$$

ここで、 $r_2'$  は第2レンズの第2焦点面（すなわちターゲット位置）での放射線の半径方向座標である。

本発明の好適な実施例において、ターゲットでの

イオンビーム中のイオンは好ましくは約50～200KeV間のエネルギーである。マスクでのイオン中のイオンは好ましくは約1～10KeV間のエネルギーである。ターゲットでのマスクの画像は好ましくは1.5またはそれ以上の因数によって縮小され、ターゲットでの画像は幅および高さが10mm以下でない。

本発明の好適な実施例はまた以下の特徴を有している。一方がマスクのまわりの区域およびアインツエルレンズの第3電極の開口のまわりの区域において第2電極から生起する電界強度を減じるためにアインツエルレンズの第2電極の各側に配置される1対のフィールド制御開口が設けられる。第1および第2レンズの各々の電極間に7～20またはそれ以上の範囲において電圧比を印加するような手段が設けられる。イオンビームを供給するための手段はイオン源および該イオン源とマスクとの間に配置されたレンズからなり、該レンズは色ぼけおよびレンズひずみを同時に最小にするために装置を精密同調するように光学コラムの軸線に沿って実際のソース点

を選択するために配置される。このレンズは好ましくはソレノイドであり、該ソレノイドはそれらの質量に応じて種類の異なる偏向によりイオン源から発せられた異なる質量の種々の種類から所望のイオンの種類の選択に寄与するようになされており、好ましくは、開口は所望の種類の質量において異なるイオンの通過を阻止するように第1および第2レンズ間に置かれている。

本発明の他の態様によれば、多極手段はY方向における画像の倍率に逆にしてX方向におけるターゲットでの画像の倍率を変化するように4極子ツイールドの適用にわたってまたは第2レンズ内に配置され、好ましくは多極手段は実質上電界のない領域において第2レンズの後に置かれる。

他の態様によれば、多極手段は光学コラムの軸線に対して垂直な平面内の画像の調整可能な運動のために双極子界を印加するようになされた第1および第2レンズ間に配置され、好ましくは多極手段は画像内のひずみおよびぼけの制御のために重畠された

高順位界を発生するようになされている。好ましくは、多極手段はビームに対して平行なオフセットを導入するようになされたアーク状電極の1対の連続する16極の円形アレイである。また本発明の好適な実施例において、画像内のひずみおよびぼけのバランスを微細同調するためのレンズ電圧の変化のために電圧調整装置が設けられる。好ましくは電圧調整装置はさらにターゲットにおいて画像の倍率を同調するためにレンズ電圧の比例しない調整が可能である。

本発明の最初に述べた態様の好適な実施例はまた以下の特徴を有している。ギャップレンズの第1電極の電圧はアインツエルレンズの第1および第3電極の電圧と実質上同一でありかつギャップレンズの第2電極の電圧はアインツエルレンズの第2電極の電圧と実質上同一であり、電源のリップル作用はレンズコラムの電圧比を実質上変化しないようになっており、かくしてターゲットステーションでの画像の品質を実質上保留する。

装置はターゲットでの画像の倍率を変えるために

ギャップレンズの直徑を変化することができるよう構成され、変化時、第2レンズから出るビームは実質上テレセントリックのままでありかつ画像面において実質上色収差および幾何学的ひずみがない。レンズコラムは該レンズコラムの全長に実質上延在する外部の、堅固な金属殻体を含み、該殻体は定電位でありかつアインツエルレンズの第1および第3電極およびギャップレンズの第1電極を直接支持する。アインツエルレンズの中央電極は金属殻体の内部上に支持のために係合される絶縁体によって支持されかつギャップレンズの第2電極は堅固な殻体の下流端によって支持される絶縁ブッシュを介して支持される。

好ましくは、高透磁率の磁性材料からなる筒状シールドがまわりに及びかつ堅固な金属殻体によって支持される。好ましくは、筒状シールドは一連の除去可能な長手方向セグメントからなりそして好ましくは高透磁率の磁性材料からなる端板が筒状シールドとの離気的連続性を設けるような方法において筒状シールドの各端部に取り付けらる。

本発明の他の態様において、イオン投射リソグラフィ装置は、イオンビームを供給する手段、所望のビームバターンを製造するための装置とともにイオンビームの通路内にあるマスク、該マスクの後ろの光学コラム、イオン通路に沿って配置された第1および第2主レンズによって画成される前記コラム、イオンビームを焦点合わせするように配置されている第1レンズ、該第1レンズの後ろに位置決めされかつ縮小されたマスクの画像を投射するように配置される第2レンズ、画像を受容するターゲットを支持するための第2レンズの後ろのターゲットステーション、および光学コラムのまわりに延在する高透磁率の磁性材料からなるシールドからなり、該シールドが管状シールドを画成する一連の除去可能な長手方向セグメントおよび管状エンクロージヤとの磁気的連続性の高透磁率の磁性材料からなる端板から構成される。本発明のこの態様の好適な実施例は以下の特徴を有する。導電体はシールド内に設けられ、イオンビームが露光される磁界への調整を設けるように配置され、好ましくは導電体はシールド内の

細長いループのアレイからなる。長手方向に延びる導電性ループのアレイはシールドと間連づけられ、前記ループは管状シールド内に周方向に磁束を確立するように配置される。好ましくは、シールドを消磁するよるループに交流電流を印加するための手段およびシールドの透磁率を増加するよるループに一時的に小さなバイアス電流を印加するための手段が設けられ、好ましくは各導電性ループは管状シールドの内外部に沿って延在する長手方向に延びる導電性セグメントからなりそして導電体はイオンビームが露光される磁界への調整をもけるように配置されて、シールド内に設けられる。

本発明の他の態様において、リソグラフィ装置は、イオンビームを供給する手段、所望のビームバターンを製造するための装置とともにイオンビームの通路内にあるマスク、該マスクの後ろの光学コラム、イオン通路に沿って配置された第1および第2主レンズによって画成される前記コラム、イオンビームを焦点合せするように配置されている第1レンズ、該第1レンズの後ろに位置決めされかつ縮小されたマスクの画像を投射するように配置される第2レンズ、および画像を受容するターゲットを支持するためのギャップレンズの後ろのターゲットステーションからなる。多極手段は第2レンズ内にまたはそれを越えて配置されかつ電圧制御装置はY方向への画像の倍率に関連してX方向のターゲットでの画像の倍率を変えるために多極手段に4極子界を印加するようになされている。好ましくは、多極手段は実質上電界のない領域内で第2レンズの後ろに配置されそして好ましくは、アーチ状電極の16極の円形アレイである。

本発明の他の態様は、ターゲット上に0.1ミクロン程度の大きさの面を製造するためのリソグラフ方法であり、該方法は、ターゲット界にリソグラフマスクの所望の面を作像することができるイオン投射リソグラフィ装置を設け、装置が1組の調整可能に沿って配置された第1および第2主レンズによって画成されるマスクの後ろの光学コラム、イオンビームを焦点合せするように配置されている第1レンズ、該第1レンズの後ろに位置決めされかつ縮小されたマスクの画像を投射するように配置される第2レンズ、および画像を受容するターゲットを支持するためのギャップレンズの後ろのターゲットステーションからなる。多極手段は第2レンズ内にまたはそれを越えて配置されかつ電圧制御装置はY方向への画像の倍率に関連してX方向のターゲットでの画像の倍率を変えるために多極手段に4極子界を印加するようになされている。好ましくは、多極手段は実質上電界のない領域内で第2レンズの後ろに配置されそして好ましくは、アーチ状電極の16極の円形アレイである。

本発明のさらに他の態様において、イオン投射リソグラフィ装置は、イオンビームを供給する手段、所望のビームバターンを製造するための装置とともにイオンビームの通路内にあるマスク、イオン通路

たマスクの画像を投射するように配置される第2レンズ、および画像を受容するターゲットを支持するための第2レンズの後ろのターゲットステーションからなる。イオンビームを供給する手段はイオン源および光学コラムの軸線に沿って実際のソース点を選択するためにイオン源とマスクとの間に配置されるソレノイドレンズからなり、ソレノイドはそれらの質量に応じて種々の種類の異なる偏向によってイオン源から発出された種々の質量の前記種類からの所望のイオンの選択に寄与するようになされている。好ましくは、ソレノイドは該ソレノイドの通過の間中イオンビームの回転を阻止するようになされた対向巻回の二重ソレノイドでありそして好ましくは開口が所望の種類からの質量の異なるイオンの通過を阻止するように寸法づけられた第1および第2レンズ間に置かれる。

本発明のさらに他の態様において、イオン投射リソグラフィ装置は、イオンビームを供給する手段、所望のビームバターンを製造するための装置とともにイオンビームの通路内にあるマスク、イオン通路

なパラメータを有し、計測面のアレイを有する計測マスクを使用し、経験に基づいてターゲット界を横切る各パラメータの作用を決定する一方他のパラメータが1組のクサビ関数を提供するように一定に保持され、前記界を横切って計測測定に基礎が置かれる直線最適化により装置のパラメータを設定し、露光を周期的に遮断し、リソグラフマスクを前記界を横切って計測面のアレイを画成する計測マスクに置換し、ターゲットフィールドを横切って投射されたイオンビームのほぼ幾何学的ひずみを測定し、前記測定から1組の誤差値を決定し、そして直線最適化により、クサビ関数を基礎にして誤差値を減じるように組のパラメータに対する調整を決定し、前記調整を行い、そしてターゲットの露光を再び開始する工程からなる。

好ましくは、計測マスクはターゲットに先行する対の計測イオンビームレットを発生するために直交スリット対のアレイを画成しそしてターゲット界を横切る各パラメータの作用を経験に基づいて決定する一方他のパラメータが一定に保持される工程は幅

を測定しかつターゲットでのビームレットの重心位置を決定することからなる。

本発明の他の態様において、リソグラフィ装置は、1組の調整可能なパラメータを有し、X、Yステージに取り付けられたターゲット上にリソグラフマスクの画像を投射するようにされ、X、Yステージが多数の露光位置を横切って割り出しうるようになされているイオンビーム投射リソグラフィ装置において、リソグラフマスクに代えられるようにされた計測マスク、X、Yステージに取り付けられた精密計測ステージ、イオンビーム界を横切って割り出されるようになされる一方計測マスクが前記界を横切って分配される点において検知されたぼけおよび幾何学的ひずみに基づいて誤差値を決定することができる計測ステージに取り付けられた検知器を有し、前記誤差値は直線最適化技術により、前記装置のぼけおよび幾何学的ひずみを波じるよう前に記組のパラメータに対する補正を発生するのに有用である。好ましくは、計測マスクはターゲットに先行する対応の計測イオンビームレットを発生するための直

交スリット対のアレイを画成しかつ精密計測ステージに取り付けられた検知器はは幅を測定しかつ検知器でのビームレットの重心位置を決定するようになされそして好ましくは検知器は直交対の1つのビームレットのみが1度に対応するスリットに当たるような方法において計測ビームレットを遮断するように配置された1対の直交スリットに間違づけられる。

説明されたイオンビーム投射リソグラフィ装置および方法は低ひずみ、大きなフィールド、ウエーハでのマスクパターンの縮小された画像の形成を許容する。述べられた形のイオン光学要素はイオンビームのエネルギー拡散(色ぼけ)および実用的な大きさの光学コラムのレンズひずみによって発生される画像収差のバランスの作用の同時減少を可能にする。これに間違して、注目されることができることは、2枚のレンズがこれらのレンズ自体の固有な収差から生起する画像の低下を大幅に減少するような方法においてウエーハでのマスクの実像を形成することである。公知のように、単一の静電レンズによるマスクの実像の形成において、バレルまたはピンクッ

ションひずみは、マスクの画像がクロスオーバー前にかまたはクロスオーバー後に形成されるかによって経験され、この場合にクロスオーバーはイオン源によって発生されるほぼ点物体の画像である。

それ自体同一型の欠点を有する第1レンズに続いている第2レンズを設けることにより、画像は第2レンズによって発生されるひずみが第1レンズによって発生されるひずみを補正する第2レンズの後ろに形成される。実質上幾何学的なひずみがない画像が、第2レンズから下流に幾らかの間隔を置いた点に形成されることがある。さらに、2枚のレンズの組合せは第2レンズの下流の特定の点においてイオンのエネルギー拡散、すなわち色ぼけの存在に余り感知しない領域があるように選択されることができる。光学コラムのパラメータの統合された選択により、本発明によれば、レンズひずみおよび色ぼけが同時に最小にされる。

ギャップレンズに先行する加速アインツエルレンズの使用により、ビームのエネルギーは低く保持されることができる一方その作動のためにイオン源には

十分なイオンエネルギーがありそしてターゲットでの所望のイオンエネルギーは所望のレベルにあり、コラムの長さに沿って極端な電圧がない。

上述のごとく、好適な実施例において、マスクは加速アインツエルレンズである第1レンズの第1焦点面近傍に位置決めされ、かつウエーハはギャップレンズである第2レンズの第2焦点面近くに位置決めされる。第1レンズの焦点合せから生じるビームのクロスオーバーは第2レンズの第1焦点面近傍に配置される。これらの条件下で、マスク画像要素からのイオン通路は2枚のレンズ間で互いに実質上平行でありかつレンズコラムを出てかつウエーハでマスクの実像を形成するビームは実質上テレセントリックである。

上述したように、イオン源の後ろにかつマスクの前に直接ソレノイドを位置決めすることにより、ソレノイドはウエーハに衝突するイオンの質量を選択しつつそれゆえマスクの厚さにより発生するかも知れない陰影を減じるマスク上のイオンビームの入射角を減じるのに有効である。ソレノイドはまたイオ

ン光軸に沿って実際のソース点の位置を調整するのに好都合に使用される。この最後の機能はイオン源のエネルギー拡散からの色ぼけのバランスと相互に作用し合いかつそれによりイオン光学要素の機械的なシフトを必要とすることなく微細同調を許容する。さらに、実際のソース点の選択は、資本コストおよび計算の便宜を節約することの重要な目的のために、ウエーハ面での大きなフィールドの作像のための機械の全長（イオン源（ソース）とウエーハとの間の距離）の最小化を可能にする。

本発明は特にウエーハ上にダイまたはバターンを正確に敷くような方法および装置に有用である。マークは例えば露光されているダイの隅部に隣接してウエーハ上に配置される。ウエーハ上に作像されるビームバターンに隣接するが別個である同一の光学系を通って進む1組のマイクロビームの各々は主フィールド位置に影響を及ぼさない小さな走査板によって走査されるが、ウエーハ表面上の限定された範囲にわたって各々マイクロビームを走査しない。各々マイクロビームが溝を横切って別個の走査される

とき、2次粒子の信号はマークから作られる。マイクロビームの相対的位置およびウエーハ上のマークの基準マップに感応するこの信号はマイクロビーム位置がマークに関連する場合に決定するように使用される。チップの周辺のまわりに間隔が置かれた仙のマイクロビームに関連して、これはウエーハに関連するダイフィールドの位置、倍率および方向付けを決定するための手段を設ける。この方法において、信号を処理しつつフィールド作像光学系に補正電圧を印加することにより、ウエーハ上に存在するバターン上に1つのフィールドの正確なオーバレイを作ることができる。

この技術は、新たなフィールドの露光時間の間中、存在するバターンに関連して画像フィールド（領域）の位置のリアルタイム測定を提供する。また、この技術はウエーハが処理によってゆがめられたときでもウエーハ上の現存するバターンフィールド（領域）に新たな領域を整合するような手段を提供する。

好適な実施例の第1図の平面図および第2図の3

次元切り欠き図を参照して、エンクロージャ10はイオンビームリシグライ機を取り囲んでその構成要素の保護および支持体を供給する。これらの構成要素はイオン源12、ソレノイド18、マスク構体20、光学コラム14および端部ステーション60である。高透磁性の鉄合金から作られる磁気シールド340はコラム14全体を取り囲んで地球の磁界、構成材料および電源によって発生されるような外部標遊静止および時間変化磁界を実質上除去する。コラムの各端部での鉄シールドの磁気的連続性は鉄板350、352によって設けられる。

第1b図および第1c図を参照すると、シールドの切り欠き側面および断面図が設けられる。シールドはオーバラップしつつアルミニウム支持部材356によって順次支持される複数のプレート344から構成される。長手方向に伸びるワイヤ345からなるアレイは磁界の内側面かつ次いで外面上の折り返し346に沿って延在して別々の細長いループを形成する。制御装置317によりこれらのワイヤループはシールドを消磁するように、時間により大き

さを減じる交流電流により励起される。その後、装置347はシールドの透磁率を増加するように瞬時な小さな直流を印加する。シールドの内部に他の組の別々の細長いループを形成する追加の長手方向に延びる電流支持ワイヤ348がイオンビームの領域の標遊磁界の減少を可能にするように設けられる。ワイヤ348を通りかつワイヤ345、346によって画成されるループ内の電流はコラム内のイオンビームについて最小磁気作用を得るように独立して可変である。

第1図および第2図に戻って、イオンはイオン源12から発生され、かつ二重コイルソレノイド18を貫通し、該ソレノイドはビーム244を分析して、イオン源から発生される他のイオンビームの種類から、所定のイオンの種類、この実施例においてはヘリウムを分離するのに役立つ。イオン源本体12に統いて抑制電極152および抽出電極150がある。抑制板電極はイオン源プラズマに面して抽出電極より高い負電位を有しかつしたがって下流電極が加速されることから阻止しかつそれによりイオン

源本体12の望ましくない加熱を生じる。抑制および抽出電極の電位および形状は小さな有効サイズ(20μm径以下)を有するイオンビームを形成するように選ばれる。抽出電極150の電位は、抑制電極152について選択された電位から独立して、マスクに向って通過するビームのエネルギーを定義する。

抽出板150に統いて、イオン源X、Yアライメントステージ154が設けられ、これはコラム14の軸線に関連して適切なアライメントに対するイオン源全体の摂動運動を許容する。ソレノイド18の2つのコイル240、242はビームがソレノイド貫通の結果としてその軸線のまわりに回転させられるのを阻止するようにイオンに作用する反対方向の磁気的励起を供給するように反対方向の磁気的励起を供給するように反対に巻回される。ソレノイドはまたビームがマスク構体20に衝突する角度を減じ、かくしてイオンビームの一様の角度を減じることにより、より大きなフラックスがマスク164上に衝突することができかつその開口を通してコラムに入れる。この角度減少はまたマスクが有限の厚さ(代

表的には1~5μm)および代表的には非常に狭いパターンを画成する開口を有するため重要である。入射角の減少はマスクの開口の縁部に発生する陰影を最小にする。ソレノイドの第1巻線240内には多極アレイからなる電気シャッタ38が双極子磁界を使用するコラム軸線からビームを偏向するのに設けられる。この多極はXおよびY方向(ビーム軸線に対して垂直な平面内において倍率を調整しかつそれによりイオン源内の精円形ひずみを補正するよう)に4極境界を印加することができる。

またこの領域に設けられるのはイオン源交換または修理の間中いおん源から密封されるような光学コラム14を許容する真空絶縁弁36およびソレノイドを越えて位置決めされるドーズモニタ156である。ビームの外周はモニタ156の既知の区域に衝突しかつ誘起電流が測定される。この方法においてコラムを通るビームのフラックスが導出されかつ付与されたレジストに必要とされる露光時間が決定されることがある。

ドーズモニタ156に統いて、第2図に示されか

つ第2a図の拡大図において最も良く明瞭に示されるマスク構体20に連続する。マスク構体20はその1つが示される相補的なセットのマスク164を回転ディスク上に含んでいる「相補的なセット」により、我々はその各々が各マスクを通過するターゲットの連続露光が完全なパターンにわたってビームに対してターゲットを露光するよう、所望の露光パターンのそれぞれの部分に対応する開口を有する1組の異なるマスクに言及する。各マスクは圧電変換器162(第2b図)によって駆動されるプッシュアロッド160の直線運動に応答してダイバターンの回転を許容する屈曲マウント158に取り付けられる。好適な実施例において、マスク164の回転かつそれゆえ±500マイクロラジアン程度のダイバターンの回転は以下に説明されるビームアライメント装置に応答して制御される。マスク構体20に先行するのは機械的な露光シャッタ104(第5図に詳細に示される)およびマスクの開口を通過しないが代わってマスクによって遮断されるビームの部分によって発生される熱を除去するのに役立つマスク冷

却シリング 168 である。シリングはマスク 168 を放熱的に冷却しあつビーム軌道のまわりに延在する。シリング自体は入口 174 を通って導入され、同中心コイル 170 を通って循環されかつ出口 172 を通って装置から流出される冷却剤によって冷却される。シャック 104 がマスクからのビームを阻止するように位置決めされるとき、シャックはシリング 168 の放熱冷却作用を同時に阻止する。冷却装置はほぼ一定の温度においてマスクを保持し、それによりマスク上のより高い順位に幾何学的寸法変化を最小にする。

第 2 図および第 2 a 図にさらに言及すると、ビームは、ソレノイドによって僅かに変化されるとその角度によりマスク 164 を通過しあつ大径の加速アイソツエルレンズ 22 に入る。アイソツエルレンズ 22 は公知のごとく、3 本の電極レンズである。この実施例において、第 1 電極 176 および第 3 電極 178 は堅固な金属殻体のコラムエンベロープから一体に形成されかつ等電位にある。第 2 または中間の電極 180 は異なるイオン加速電位である。1 対

の電界制御開口 210 は第 2 電極 180 の両側のその電界を切さいするよに形成されかつそれによりそのような電界が発生することが知られているひずみの影響を回避する。

当該技術に熟練した者には良く知られているよう、レンズ電極から生起する電界はレンズの物理的外観によつて成形されることがある。理想的なレンズ装置において、電界線は対称的でかつ断定し得る。実際のレンズ装置において、レンズ電極の開口はイオンビームの通過を許容するよに要求されかつこれらの開口は電界線の理想的形状を動搖させる。中央電極によって発生される電界線は第 1 および第 3 電極に開口全面に広がることができる。第 1 電極 176 側で中央電極の電界線はマスク開口に全面的に広がることができ、その点においてそれらは複雑な形状を取りかつ画像に動搖誤差を結果として生じイオンビームおよびマスク上に力を働かす。第 3 電極 178 側で、電界線はまた画像に望ましくない動搖誤差を発生する電極開口によつて影響を及ぼされる。アイソツエルレンズの第 2 電極 180 の両側

の電界制御開口 210 はレンズ開口によつて発生される動搖を減じる。この方法での電界線の形成はそれゆえ電極に印加されるようなより高い電圧を許容する。

ビーム軌道はこれが収束しあつクロスオーバーまたはアイソツエルレンズ 22 とイオンを加速しあつターゲット 26 上のマスクの画像を形成するのに使用される第 2 ギャップレンズ 24 との間のイオン源の画像を形成するよにアイソツエルレンズによつて変化される。良く知られているよに、ギャップレンズは電位差において第 1 および第 2 電極を有する 2 電極レンズである。この場合にギャップレンズ 24 の第 1 電極 182 は堅固な殻体の一部分でありかつ第 2 電極 86 は堅固な殻体の端部で絶縁体ブッシュ 226 によつて支持される。対称的に示されるビーム軌道によつて示唆されるよに、ギャップレンズ 24 はコラムの軌道に対して実質上平行の走行するイオンビームを形成し、断面はそれがウエーハに衝突するときマスクの画像を形成する。この型の装置はテレセントリックであると呼ばれる。光軸に

沿ったウエーハの位置決めにおける不規則性またはねじ曲ったウエーハのごときウエーハ自体の不完全によつて発生される画像の倍率の誤差を減少するためビームの実質上のテレセントリック性質は好都合である。

アイソツエルレンズ 22 がイオンビームのクロスオーバーを形成する位置近傍には、適宜な双極子界の印加によりビーム位置を X、Y 平面（すなわち、ターゲット平面）において変更する 2 つの連続する多極 184 および 186 からなる多極構体 28 がある。2 つの多極（マルチポール）への大きさが等しくかつ記号が反対の双極子界の印加によりビームはその元の通路からずれることができるがそれに対して平行のままである。これらの偏向の大きさは以下に説明されるよなビームアライメント装置によつて制御されかつ例えば +1~5 ミクロンであつても良い。多極は好まじくは筒状のロッドより筒状面により厳密に近くかつ 1~6 極電界までの偶数倍の電界（例えば、双極子、4 極子、8 極子等）を発生するのに使用されることができる第 2 d 図に示されるよう

な16個の屈曲円弧250のアレイである。好適な実施例の実用において、より高い順位の電界が装置のひずみを補正するようにプリセットされるが偏向用双極子界は重疊される。

この実施例における実際の特徴として、クロスオーバー近くに多極を配置することはビーム径がその焦点に向かって漁東しているので減少されるような多極の開口を許容する。さらに、多極の長さ対直徑比は周辺作用を回避するように約5:1かつ好ましくは10:1である。クロスオーバー近傍のその位置のため減じられる多極の直徑により、長さは設計段階において全体の装置長さに影響を及ぼさないように対応して減じられらるることができる。

多極構体28にはソレノイドに間連してウエーハ上に作像するために所望の質量のみのイオンを実質上選択するのに役立つ質量選択開口30が近接して追随する。開口30およびギャップレンズ24から下流の、界のない区域において、4極子界を発生するための多極構体34は互いに反対のウエーハ平面におけるX(M<sub>x</sub>)およびY(M<sub>y</sub>)の方向において

て画像の相対的倍率を偏向するために設けられる。例えば、X方向の倍率がより小さくされるならば、その場合にY方向の倍率はより大きい。それゆえ、この要素はXとYとの間の倍率差に精密な調整を行ってXまたはY軸のまわりの画像面におけるウエーハの僅かな傾斜のごとき誤差を補正するために使用される。倍率の絶対的な調整のために主レンズ電圧は後述されるように使用される。第2図の実施例において、4極子構体34は第2d図に示されるよう16個の屈曲円弧のアレイでありかつ約±5×10°の因子によりM<sub>x</sub>およびM<sub>y</sub>の変化を行うために記載されるようなビームアライメント装置によって制御される。さらに、16個の屈曲円弧はXおよびY軸の方向付けの任意の選択かつそれゆえ変化を可能にする。

さらに、クロスオーバーから離れて、4極子構体34の配置は光学系の収差およびひずみを最小にするための重要な因子である。クロスオーバーでの4極子界は2つのレンズのバランスが活動し始める位置に第1順位の期間を附加する。それゆえ、4極子

はクロスオーバーから離れてかつ好ましくは界のない区域に配置される。4極子に関しての選択的な位置はギャップレンズの第2電極内であるがクロスオーバーから離れて置かれても良い。

加速アインツエル/ギャップレンズ組合せ(第2図)は所定の長さの多極の配置のためギャップレンズ24とクーベット26との間に十分な空間を設ける。レンズ間に位置決めされた多極の検討において前述されたように、一定の直徑長さ比は最適な性能のために維持される。ギャップレンズの後で、ビーム径はクロスオーバー(約1mm)におけるより長く(約1.5mm)かつそれゆえ対応して大きな多極アレイが4極子界の適用のために使用されねばならない。しかしながら、イオン投影リソグラフィレンズ系に4極子界を使用するM<sub>x</sub>およびM<sub>y</sub>の差動制御は第2図に示した実施例以外の他のレンズ組合せにおいて有用であることは当該技術に熟練した者には明らかである。

ビームがウエーハに衝突する直前に、ウエーハに形成された画像の位置、倍率および方向付けを監視

しあつ誤差が検知される範囲への光学要素の補正作用を誘起するような信号を発生するのに使用されるアライメントビームスキャナおよび検出装置32がある。

第2b図においてこのアライメントビームスキャナおよび検出装置32が詳細に示される。ビームレット188は絶縁部材190の外部を通過するビームレットを有することによりスキャナ装置32において主ダイ界(フィールド)246から分離され、一方ダイ界246は図示のごとくその中心を通過する。この点においてビームレットは走査板192上に発生される双極子界の適用によりダイ界から別個に走査される。ビームレットはウエーハ248上の基準マーク194を横切って走査される。マーク上に衝突するビームレットから生起するバックスカッタ電子はチャンネルトロンまたは電子増幅器であっても良い検知器196によって検知される。単一の検知器のみが示されるけれども、理解されるべきことは検知器が各アライメントマークに設けられるということである。検知器からの信号はウエーハ2

18上のダイ界246の位置および大きさを配置するのに使用される。信号に応答して補正界(領域)はイオン光学要素によって印加されることができるかまたは界の回転がマスク164の回転によって調整されることがある。

ビームレットスキナおよび検知器から下流にかつターゲットの直上に、同様に基準マーク302を有するアライメントブロックまたはアライメントリング300が位置決めされることがある(第9図に略示されるように:前述の実施例において、マスクは第9図に示される計測段階306よりむしろウエーハ上に作像される)。

またブロック上に基準マークを有する、ビームレットスキナおよび検知器から下流にアラインブロックを位置決めすることは、ヨーロッパ特許出願第294、363号に、とくに第1、第2および16図に略示される。

ウエーハに対するリングの位置は干涉計によって検知されることができかつこの実施例におけるダイ界の位置決めはリング上のアライメントマークにの

み対応することができる。この場合にダイバターンはウエーハアライメントマークの使用なしにウエーハ上に配置されることができかつウエーハはいわゆる「プラインドステッピング」モードにおいて繰返しバターンを形成するように位置から位置へ簡単に歩進されることができる。アライメントリングは後述されるような計測モードにおける装置と装置の画像誤差を測定するのにさらに有用性を有する。

第1図および第2図に戻って、ウエーハ248は該ウエーハが一方の位置から他方の位置へ歩進されるができるように精密X、Y(ウエーハ平面内の)およびZ(光軸に沿う)運動を許容するステージ40に取り付けられ、そして画像バターンのレプリカはウエーハ上の種々の位置において形成されることができる。光軸に沿うウエーハの位置は調整されることができる。ウエーハはチャック42によって固定される。ウエーハが繰返しバターンによって完全に覆われるとき、すなわち、ウエーハがビームの露光の選択されたシーケンスによって歩進されたとき、そのチャック42は次いでステージの背部か

ら除去されかつ真空ロック46および48を通って真空装置から取り出されることができる。新たな未露光ウエーハとともにチャックはステージ上の適切である位置に押入される。

第1図に示されるように、周辺装置の種々の部材が装置を走査するのに使用される。ダーポポンプとして示される適宜な真空ポンプはレンズコラムの空気を抜く。ポンプはレンズ構体が外部に発生源からの如何なる振動も受けないように電気的にもから機械計にもレンズから絶縁される。可搬性のペローズ52がこの絶縁を設けるのに使用される。ペローズは内部で真空をかつ外部で大気圧を有する。レンズ上に存在する大きな損傷的な力は機械の他側上の対向ペローズ54によって整合される。レンズコラムはアースに対して高電位にあるので、高電圧絶縁用の絶縁ブッシュ56が設けられる。同等のブッシュ58が機械の他側でアースから第2ペローズを絶縁する。レンズ上の他のポンプおよびイオン源構体はアース電位で配置されたポンプにより、同じ方法において処理される。

保守のために好都合である位置のアース電位にて第1図に示されるような機械の種々の他の電源および補助機能がある。これらはレンズ電源66、電力がそこで機械に分配される電力分配パネル68、高電位にある構成要素および真空装置72用の制御装置へ電力を供給するために絶縁トランスを含むサービスモジュール70を含んでいる。X、Y、Zステージ電子制御装置はキャビネット74のステージ近傍に配置される。コンソール76内には機械を操作するのに使用されるより大きなマイクロプロセッサまたはコンピュータ装置を含んでいる主接続スクリーン制御コンソールがある。制御装置の機能は保守のため使用されることがある機械78の後部に取り付けられる補助制御装置に伝送されることができる。機械は、第1図に示したように、機械のウエーハ処理部がクリーンルーム内にありかつ機械の残部がまたクリーン状態に維持される経由または保守室内にあるような方法において、隔壁で取り付けられているが、込んだ半導体処理クリーンルームにおいて必要とされるように厳密にクリーンではない。

壁は符号 8 0 で略示され、クリーンルームは符号 8 2、保守室は符号 8 4 で略示される。

イオン源構体のまわりには第 1 a 図のこの実施例の正面図に示されるエンクロージャ 3 4 2 がある。エンクロージャ 3 4 2 はポンプまたは電源または他の制御装置が配置されることができかつ絶縁体 6 2 を置くことによりアース電位から絶縁されるキャビネットがある。イオン源は、第 1 図に示した、イオン源 6 4 のエンクロージャ 内にある、所望の種類、例えば、水素、ヘリウムまたはネオンのガス供給を有する。

装置の全長し、は 6.1 メートルでかつ共役長さ L<sub>1</sub> (マスクからターゲットへの距離) は 2.1 メートルである。最大高さ H<sub>1</sub> は 2.5 メートルである。イオンビームはイオン源 1 2 での点からソレノイド 2 4 0 の第 1 線囲での約 10 mm およびマスク 1 6 4 での約 60 mm に拡大する。AINツエルレンズ 2 2 は約 70 mm のビームを約 1 mm のクロスオーバー径に焦点を合せる。クロスオーバー後ギャ

レンズ 2 4 でのビームは 1.5 ~ 2.4 mm (ギャップレンズについて選ばれた大きさに依存する) に拡大しその径はビームのテセントリック性質により実質上ターゲット 2 6 上に維持される。

第 2 c 図において、第 2 図の実施例に使用される電源のブロック図が示される。正イオンに関して、イオン源 1 2 は、例えば 0 ~ 10 KV からの抽出イオンの加速電位を変化することができる電圧 V<sub>0</sub>。で第 1 電源 1 9 8 によって抽出板 1 5 0 に対して正電位に保持される。抑制電源 2 2 0 は抑制板 1 5 2 を抑制電子のためにイオン源に対して負電位に保持する。

第 1 装置電源 2 2 2 は第 1 および第 3 電極 1 7 6 および 1 7 8 に対してAINツエルレンズ 1 8 0 の中央電極に負電圧を印加する。この形状の電極電位差において、AINツエルレンズは、イオン (この実施例において正イオン) が第 1 および第 2 電極間に加速され、次いで第 2 および第 3 電極間で減速されるので、加速AINツエルレンズとして省略される。この特別な実施例において、第 1 および第 3 電

極が同一電位であるとき、イオンの正味エネルギーはこのレンズによって影響を及ぼされない。AINツエルレンズの第 1 および第 3 電極 1 7 6、1 7 8 およびギャップレンズ 1 8 2 の第 1 電極はイオンコラム 1 4 の堅固な殻体の一體構成要素でありかつ図示のごとく第 2 電源 2 2 4 から正の電位を受容する。

(中間および第 3 電極間のイオンのエネルギー減少が第 1 および中間電極間のエネルギー利得に等しくないようすに第 1 および第 3 電極間の電圧差がある他の加速AINツエルレンズ配置が実用的である。このような配置は本発明の多くの態様から逸脱することなく適切な絶縁体および電源の付加によりここでは実行されることができる。)

ギャップレンズを横切る電位は絶縁体 2 2 6 によってコラムから絶縁されるギャップレンズの第 2 電極 8.6 に第 2 電源 2 2 4 の負端子を接続することにより設けられる。それゆえギャップレンズはコラムからのそれらの退出以前に正のイオンを加速する。第 1 電源 2 2 2 は、例えば 0 ~ 10 KV 間のAINツエルレンズ上にこの第 2 電極のアースに対して電

圧 V<sub>0</sub> をセットすることができる。第 2 電源 2 2 4 は代表値がほぼ 100 KV である 50 ~ 200 KV の代表的な範囲 V<sub>0</sub> にわたって可変である。実際に電源 2 2 2 および 2 2 4 は電源 1 9 8 によって設定された注入イオンエネルギー V<sub>0</sub> に依存して 1 : 1 ~ 20 : 1 の範囲の両レンズに関する代表的なレンズ電圧比を設けるように使用される。

補足電源 2 2 8 および 2 3 0 は装置電源 2 2 2 および 2 2 4 へそれぞれ小さな電圧調整 δV<sub>1</sub> および δV<sub>2</sub> を供給する。第 3 図に示される配置は、

$$V_E = \frac{V_0 + (V_1 + \delta V_1) + (V_2 + \delta V_2)}{V_0}$$

の場合の V<sub>E</sub> のAINツエルレンズについての電圧比を、かつ

$$V_E = \frac{V_0 + (V_2 + \delta V_2)}{V_0}$$

の場合の V<sub>E</sub> のギャップレンズについての比を供給する。

実際に、V<sub>E</sub> の値はAINツエルレンズおよびギャップレンズの電極を横切って印加される電圧比が

電源の固有のリップルによる不利益な作用を回避するのにはほぼ等しいように小さい。ターゲットに衝突するイオンのエネルギーは次いで約50～200KVの範囲にある。

静電レンズの焦点距離はそれらの電極間の電位差の関数として変化しかつそれゆえレンズを設らか越えた位置における画像の倍率が変化させられることができる。第2図の、2枚レンズ配置の好適な実施例において、ターゲット26での画像の倍率は第1レンズの第2焦点距離にわたる第2レンズの第1焦点距離の比または各レンズの電圧比の比、すなわち $v_1/v_2$ に等しい。第1および第2レンズの電圧比を選択することにより概略の倍率が選択することができる。さらに、レンズに印加される電圧比が比例して増加されるならば、焦点距離はほぼ比例的に減少するが倍率は変化しない。しかしながら、この調整は以下に説明されるように2枚のレンズのひずみに影響を及ぼす。それゆえ、レンズ電圧の変化はひずみおよび倍率用の微細同調手段を供給する。この微細同調のために、補足電源228および23

0は好ましくは数パーセント（例えば0～300ボルト）までのレンズ電圧の変化のためにコンピュータ制御下にある。補足電源は好ましくは数パーセントまでのレンズ電圧の変化のためにアライメントビームによって発生される信号に応答して好ましくは調整される。

第20図において、アライメント装置のブロック図が設けられる。上述したようにウエーハおよび/またはアライメントプロック上にあっても良いアライメントマーク194から発生されるバックスクリプト電子はマークの上方に位置決めされた検知器196によって検知される。第20図に示した実施例において、 $m_1 \sim m_4$ が付されたアライメントマークの4つの直交対がダイフィールドがその上に作像されることができるウエーハの区域のまわりに配設される。この好適な実施例において対 $m_1$ と $m_2$ 間の距離 $a_1$ および対 $m_1$ と $m_4$ 間の距離 $a_2$ は実質上等しくない。

第20図を参照すると、電極によって発生された信号 $S_1$ は補正信号発生器460に供給される。信

号発生器460はまた、例えば第2b図に示した走査板192によって走査されたビームレットの走査位置を表わすビームレット走査装置192からの信号 $S_2$ を受信する。信号発生器460は信号 $S_1$ および $S_2$ を処理することによりダイフィールドのアライメントのずれを検知しかつ適切なアライメントにあるようにダイフィールドに適切な補正作用を加えるように種々の画像補正要素に向けられる適切な補正信号 $S_3$ を発生する。補正要素はx、y変異の制御のための多極（マルチポール）28、倍率補正のための手段34および回転制御、例えばマスク回転制御かつそれによりウエーハ上の画像の回転アライメントのための手段162を含むことができる。

ギャップレンズに先行するアイソツエルレンズを有する、設計の実用的な利点は、コラムの外方エンベロープが信号電位にありかつそれゆえレンズ間に絶縁体の必要がないということである。これは安定なコラムアライメントを保証する非常な堅固な機械的構造を提供する。また、機械的堅牢性はマスク20とウエーハチャック42との間の振動を低減しか

つ堅固な方法においてコラムに対するイオン源および質量フィルタの整列およびイオンが軸線から離れて移動することの阻止を可能にする。

この発明のさらに他の重要な特徴は質量選択および第4図に示されるような光軸に沿う実際のイオン源点の変化用のイオンリソグラフィ装置におけるソレノイドの使用である。イオン源からのビームは水素のごときより軽い質量イオンが軸線に対してより大きな角度を取りかつヘリウムのごとき所望のイオンが軸線に対してほぼ平行に動くようにその軸線に向けてイオンを屈曲するソレノイドを貫通する。酸素のごとき所望のイオンより重いイオンは観察に屈曲されずかつイオン源から出発する直線を分岐することにおいて実質上連続する。第1質量選択はマスクの平面内で発生することができる。より重いイオンは光軸から離れかつマスク構体に衝突する。マスクを通過するより重いイオンの種類はイオン源から分岐するよう現われ、そして第1レンズによって観察にフォーカッシングされない。クロスオーバー近傍で、質量選択開口は、その場合に、通過しかつ

ターゲットに到達する位置に達するより重いイオンの小さな部分のみを許容する。光イオンは軸線上に集中されるようになりかつそれゆえ光学コラムに向ってマスクを通過することができる。しかしながら、第1レンズの軸線への近接のため、これらのイオンは焦点合せされずかつそれゆえまた質量選択開口に衝突する。

ソレノイドはまた機械の軸線上の実際のイオン源の配置を調整するのに使用される。この位置を調整することはクロスオーバーの位置を変化しがたさらに以下に検討されるイオン源内のエネルギー拡散から生ずる色収差のバランスと互いに影響し合う。第4図の頂部パネルにおいて、ヘリウムイオンの実際のイオン源の位置はソレノイドに印加される第1電流レベル $i_1$ について $SV_1$ である。これらの条件下で、ヘリウムイオンの通路は質量選択開口の位置においてクロスオーバーを形成するように第1レンズによって焦点合せされる。第4図の下方パネルにおいて、第2電流レベル $i_2$ は $SV_2$ においてヘリウムイオンの実際のイオン源を発生する値かに異なる

イオン通路を結果として生じるソレノイド巻線に印加される。この場合にヘリウムイオンは質量選択開口を僅かに越える位置においてクロスオーバーに焦点合せされる。第2レンズ後のテセントリックビームを発生するための条件は第2レンズで第1焦点面近傍にクロスオーバーを位置決めすることであるので、ソレノイドを使用するクロスオーバー位置の調整は光軸に沿ってレンズを物理的に動かす必要なしに変化されるようなテセントリックの度合を許容する。これは好都合に置き換えて頗る利点でありかつ装置の光学的アライメントを維持する。

理解できるように、第4図における実際のイオン源の両位置において、ヘリウムイオンはターゲット上への通過のために選択されそしてより軽くかつより重いイオンが通過される。それゆえソレノイドは同時に両機能を実行する。当該技術に熟練した者に明らかであることは、実際のイオン源位置の質量選択および調整のためのソレノイドの操作はアインツエルの単一レンズ装置または多重レンズ装置およびビーム通路に沿って種々のシーケンスを発生するギャ

ップレンズを含むことができる他の静電レンズ配置において有用であるということである。さらに、本レンズコラムとの使用のため、ソレノイドは質量選択機能が異なって実行されるならば單一の電気レンズによって置き換えができる。また実現されるべきことは、開口の直径および光軸に沿うその位置が最適な質量濾過のために選択ができるということである。

第2図に戻って、二重巻回ソレノイドが好適な実施例において使用される。対向巻線はビームの正味の回転を阻止する対向磁界を発生する。さらに、約50%までのより短い焦点長さがビームが丁度2つに対向されるような4組の周辺界(周辺フィールド)を経験するので單一巻回装置を介して得られることがある。

円形コンベヤ136およびシャッタ構体104は第5図のイオン源から光軸に沿う図において示される。この実施例において円形コンベヤは、以下に説明されるように、機械のひずみを測定するような計測モードにおいて所定位置に置かれる1枚の計測マ

スクに加えてバターン全体を作る4枚の補足マスクを保持する。円形コンベヤはマスクが第2図および第5図に示したようなコラムの軸線に入るよう回転する。コラム上の所定位置にあるとき別個の機構(図示せず)は第1レンズの後壁にマスクを締め付ける。マスクの位置と反対には他のマスク上の保持する真空ロック室およびこの円形コンベヤにマスクを積み降ろしする機構(図示せず)がある。1組のマスクが一旦降ろされると次いで真空弁が主室からの組を絶縁するように使用されかつその組は除去されかつ他の組と置き換えることができる。円形コンベヤ136はビームアライメント装置に要求されるようなマスク回転を監視すべく正確な方法において回転させられることができる前述したマスク回転構体と矛盾がない。

回転する機械的シャッタ104は露光時間を制御するのに使用される。マスクを被覆しかつ露光を阻止する2つのシャッタ位置234およびマスクが完全に露光される2つのシャッタ位置236がある。シャッタ104の周辺スロット232は第5図に示

される。これらはマスクの中央ダイフィールドを露光することなく発生するようなビームアライメント機能を許容する。例えば、ダイフィールドの露光の直前に、シャッタはマスク中の3対のアライメントマークがスロットを通ってビームに露光されるように位置決めされることがある。これは5個のパラメータ、すなわちウエーハ面内のXおよびY並進、回転および倍率 $M_x$ および $M_y$ を決定するのに十分であり、検知器196から結果として生ずる信号は5個のパラメータの各々を制御するのに使用されかつ第6のビームレットは他のビームレット信号の精度の測定として誤差信号を供給するのに使用される。これらのパラメータが一旦確立されるならば、露光は開始することができる。露光の間中の現る点において、シャッタの回転の間中、対の1つが露光が終了されるときアライメントが露光によって正しく保持されるようにアライメントマークの他の対に交換される。露光シャッタは同様に、露光間のマスクからビームを偏向するためにイオン源とマスクとの間に例えば位置決めされた電気的シャッタと協調

して使用されることがある。

シャッタがマスクを被覆するとき、それはまた、マスクがマスク冷却機構の冷却面に露光されるのを阻止し、そこでマスクは周囲温度のままであり、かつビームはマスクと同一方法においてすぐに冷却するシャッタにあたる。それゆえ、過剰な冷却が機械的シャッタに必要とされない。

イオン投射リソグラフィ装置において発生される画像の不完全さが色ぼけと呼ばれるイオンのエネルギー拡散、およびレンズひずみと呼ばれるレンズ自体によって発生される固有のひずみを生起する。静電レンズの球面収差係数が常に正であるため、このレンズひずみは係数がいずれかの記号からなっても良い光学的特性において行われるようなレンズの組合せによって除去されることができない。しかしながら、静電レンズのひずみはそれ自身に同一型式の欠点を有する第1レンズに追随する第2レンズを付加することによりバランスさせられることがある。画像は次いで第2レンズによって発生されるひずみが第1レンズによって発生されたひずみをバラン

スさせる第2レンズの後で形成されることがある。  
公知のごとく、単一の静電レンズによりマスクの実際の画像を形成することにおいて、パレルまたはピンクションひずみがマスクの画像が第6図に示されるようにクロスオーバー前にまたはクロスオーバーの後で形成されるかどうかに依存して、経験される。第2レンズが付加されるならば、導入するかも知れないパレルひずみは第1レンズのピンクションひずみを補正するのに使用されることがある。第2レンズの下流からの幾らかの点において、第1レンズのパレルひずみおよび第2レンズのピンクションひずみがバランスさせられかつひずみのない画像が形成される。さらに、2枚レンズ装置における画像の色ぼけの作用はレンズ間距離およびイオン源対マスク距離を含む種々の光学的パラメータの関数である。これらの距離の適切な組合せにおいて、色ぼけが最小にされる画像は第2レンズから下流に発生する。

この発明の2枚レンズ装置は実用的な大きさの装置における同一画像位置において最小にされるよう

な色ぼけおよびレンズの固有のひずみの作用を許容する。さらに、最小にされるひずみおよびぼけを有するマスクの実際の画像はターゲットでのテレセントリックビームに形成される。第1レンズは無限大においてマスク要素の虚像を形成するように形作られる、すなわち特別なマスク要素からの2枚のレンズ間のビーム通路は実質上互いに平行である。第2レンズはその出口焦点面にその虚像の実像を形成する。これらの上述した条件を達成するために、マスクは第1レンズF<sub>1</sub>の第1焦点面近傍に置かれかつウエーハは第7図に示されるように第2レンズF<sub>2</sub>の第2焦点面近傍にある。それゆえ、それぞれの焦点面近傍のマスクおよび画像により、2つのレンズ間の距離は画像の倍率に影響を及ぼすことなく色ぼけを最小にするように設計段階において選択されることがある。2枚のレンズ間の距離が選択することができるるので、イオン源/マスク距離の他に追加のパラメータが設けられ、色収差および幾何学的またはレンズひずみに見い出されるような一致の最小値を可能にする。

例えば、第8図において、レンズひずみ $\Delta R_0$ は2枚のレンズ間の2つの異なる間隔 $q$ についての実際のイオン源／マスク距離 $p$ の関数としてプロットされる。イオン源距離が変化されると、ひずみは最小で通過する。画像の色ぼけ $\Delta R_1$ が同様にプロットされるならば、それはまた各レンズ間隔についての特別なイオン源(ソース)／マスク距離において最小値で通過することが見出される。かくして、ひずみ最小値が発生するソース距離がありかつ一般に、色ぼけ最小値が発生する他のソース距離がある。適宜に選択されたレンズ間隔に関してひずみを有することができかつ色ぼけ最小値は同一の実際のソース／マスク距離において発生する。

本発明の光学系の他の特徴は種々の倍率または縮小係数を発生することに関する。縮小係数は最後のレンズの焦点距離に正比例しかつ最後のレンズの焦点距離はレンズ径に順次正比例する。最後のレンズの直径を単に調整することにより、倍率の対応する変化は大きな柔軟性を備えるひずみおよび収差のバランスに影響を与えることなく得られることができ

る。例えば、第2図の実施例においては単に、2:1～10:1からの種々の係数の範囲をカバーするようにギャップレンズの最終電極の直径を調整することが必要である。アインツエル／ギャップレンズの組合せの場合の実用的な特徴として、ギャップレンズ最終電極 $R_6$ の除去はそれが第2図に示したようにコラムの端部に存するので容易になれる。他の実施例において、ギャップレンズの第1電極は充電されるような両電極の直径を許容するようにレンズコラムから取外し可能になれる。

#### レンズひずみ、色ぼけおよびテレセントリシティの関係

数理的な処理のために、第3図はそれぞれ焦点面下 $F_1$ 、 $F_2$ および $F_1'$ 、 $F_2'$ を有する2枚の主要レンズしおおよび $L'$ を特徴とするイオン光学系を示す。マスクは焦点面 $F_1$ に、かつウエーハは最終画像面 $F_2'$ に配置される。名目上点ソースが $F_1$ の前方に距離を置いて配置されかつ $F_1'$ で $L'$ によって作像される。このソースは虚像または実像であっても良い。

距離 $p$ はソースとマスク間にかつドリフト距離 $q$ は第1レンズの第2焦点面 $F_1$ と第2レンズの第1焦点面 $F_1'$ 間に画成される。実線Bはイオン源から画像への放射線の理想的な第1順位通路を描写しかつ破線bはレンズひずみおよび／または色収差によつて効果させられた放射線炉の通路を示す。このような不完全の場合において、焦点面はシフト位置に對して知られておりかつ垂直破線 $F_1$ および $F_2$ によって第3図に示され、 $F_1$ および $F_2$ はそれぞれ第1レンズの第1および第2焦点面であり、距離 $d_1 = F_1 - \bar{F}_1$ および $d_2 = \bar{F}_2 - F_2$ を有し、そして $F_1'$ および $F_2'$ は第2レンズの第1および第2焦点面であり、 $d_{1'} = F_1' - \bar{F}_1'$ および $d_{2'} = \bar{F}_2' - F_2'$ を有する。

第1順位の光学特性において特定の放射線( $r$ 、 $\theta$ )の横座標は装置の軸線に沿つて他の位置において新たな座標( $r'$ 、 $\theta'$ )に直線的に変換する。これはマトリクス変換として好都合に示される。

$$\begin{bmatrix} r' \\ \theta' \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} r \\ \theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r \\ \theta \end{bmatrix} \quad (1)$$

ここでAは変換マトリクスである。

レンズ $L$ を通過する焦点面对焦点変換に関して変換マトリクスTは式

$$T = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

を有し、ここで $l_1$ および $l_2$ はレンズ $L$ の第1および第2焦点距離であり、一方レンズ $L'$ に関して変換マトリクス $T'$ は

$$T' = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix} \quad (3)$$

ここで $l_1'$ および $l_2'$ は $L'$ の第1および第2焦点距離でありかつ $F_1$ から $F_1'$ へのドリフトに関して変換マトリクスQは

$$Q = \begin{bmatrix} 1 & q \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

である。

全体の変換マスク／ウェーハ  $\Gamma$  はかくして、

$$\Gamma = T' Q T = \begin{bmatrix} \frac{f_1}{f_1 + q} & 0 \\ f_2 & \frac{f_1}{f_1 + q} \end{bmatrix} \quad (5)$$

ここで式 5 は直ぐ前進のマトリックス増倍から生じる。特別な変換式はかくして、

$$\begin{aligned} r_{z'} &= \left( \frac{f_1}{f_1 + q} \right) r_1 \\ \theta_{z'} &= \frac{1}{f_1 f_2} \left[ q \frac{r_1}{\theta_1} - r_1 f_2 \theta_1 \right] \end{aligned}$$

は  $q$  および  $p$  から独立しており、一方テレセントリック条件はこれら 2 つの距離間の関係を定義するということである。

上述した簡単な直線変換は色作用（イオンビームのエネルギー拡散）およびレンズしおよび  $\lambda$  の固有のレンズひずみによって動搖させられる。 $T$  および  $T'$  についての動搖が  $\Delta$  および  $\Delta'$  であるならば、動搖させられた変換は

$$\begin{aligned} \Gamma' &= T + P (\Gamma' + \Delta') \cdot Q (\Gamma + \Delta) \\ &= T' Q T + \Delta' Q \Delta + T' Q \Delta + \Delta' Q T \end{aligned} \quad (10)$$

である。

第 1 項位動搖項のみを維持することは動搖マトリックス  $P$  について位かの表現、すなわち

$$P = \Gamma' - \Gamma = T' Q \Delta + \Delta' Q T \quad (11)$$

になる。

最終ビーム横断位置  $r_{z'}$  が動搖させられないままである条件が次に検査される。

式 (11) によれば、

$$= \frac{1}{f_1 f_2} (q p - f_1 f_2) \theta_1 \quad (6)$$

ここで、名目上の点ソースに関して

$$r_1 = p \theta_1 \quad (7)$$

という事実が使用された。

マトリックス  $\Gamma$  の (1, 2) 要素がゼロであるため、軸線に沿う最終位置はガウス画像に対応する。すなわち、 $r_{z'}$  は  $\theta_1$  から独立している。

さらに、式 (6) から倍率は

$$M = - \left( \frac{f_1}{f_2} \right) \quad (8)$$

であり、これは負の記号のため逆転した実像を示す。また、式 (6) から、テレセントリック条件

$$(q p - f_1 f_2) = 0$$

を要求する。

留意されるべきことは、画像条件および倍率の値

$$\Delta r_{z'} = P_{11} r_1 + P_{12} \theta_1 = (p P_{11} + P_{12}) \theta_1 \quad (12)$$

ここで、 $P_{11}$  はマトリックス  $P$  の (1, 1) 要素および  $P_{12}$  は (1, 2) 要素である。かくして  $\Delta r_{z'} = 0$  およびビームは

$$p P_{11} + P_{12} = 0 \quad (13)$$

ならばすべての  $\theta_1$  について動搖させられないままである。

色ぼけに関して、イオンエネルギーが公称値  $E$  から量  $\delta E$  を変化するとき焦点距離は

$$f_1 = f_1 - \delta_1; f_1' = f_1' - \delta_1' \quad (14)$$

そして

$$\frac{\partial f_1}{\partial E} = \frac{\partial f_1}{\partial \delta E} \frac{\partial \delta E}{\partial E} = \frac{\partial f_1'}{\partial E} \quad (15)$$

ならば  $f_1$  から  $f_1'$  ( $i = 1, 2$ ) に変化する。加えて焦点面は第 3 図に示されるようなビーム軸線に沿う変位にそれぞれ対応する  $F_1$  から  $F_1'$  および  $F_2$  から  $F_2'$  へそれらの位置を変化しつつそれゆ

え

$$d_i = F_i, F_i; d_i' = F_i', F_i' \quad (16)$$

公知のリカヴィルの定理がこれらの変化から独立して適用される。近似のゼロ順位に対して

$$\frac{1}{f_i/f_i} = \frac{1}{f_i/f_i}; \frac{f_i'/f_i'}{f_i/f_i} = f_i'/f_i \quad (17)$$

かつしたがって

$$\delta_z f_i = \delta_z f_i; \delta_z' f_i' = \delta_z' f_i' \quad (18)$$

に追随する検討で十分である。

レンズに関して、 $F_i$  から  $F_i'$  への変換は、

$$T + \Delta = \begin{bmatrix} 1 & \delta_z \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & f_i - \delta_z \\ -1/(f_i - \delta_z) & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & \delta_z \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (19)$$

となり、それから  $d$  および  $\delta$  において第1順位項のみを維持して、1つを引き出すことができる。

$$\Delta = -\frac{1}{f_i} \begin{bmatrix} \delta_z & \delta_z f_i \\ \delta_z/f_i & d_i \end{bmatrix} \quad (20)$$

同様にレンズ  $L'$  に関して

$$\Delta' = -\frac{1}{f_i'} \begin{bmatrix} \delta_z' & \delta_z' f_i' \\ \delta_z'/f_i' & d_i \end{bmatrix} \quad (21)$$

$\Delta$  および  $\Delta'$  についてのこれらの表現を式 (11) に置換しつつ式 (13) における  $P_{11}$  および  $P_{12}$  について明快に引き出された表現を使用することは

$$\frac{\delta_z f_i}{d_z' f_i} = \frac{(q_p - f_i f_i)}{f_i' f_i} + p f_i' (\delta_z'/f_i + p/f_i) \quad (22)$$

一般に、その場合に、色ぼけが画像面において不存在でありかつ最終のビームがテレセントリックであることを意味して式 (9) および (22) が同時に満足させられるように  $q$  および  $p$  を選択することができる。この一般的な結果の性質を変えることなしに式 (22) を簡単化することができる。10 : 1

またはそれ以上の電圧比で作動するアインツエルレンズおよびギャップレンズに関して、入射イオンのエネルギー変化は主平面の位置の顕著な変化を結果として生じない。雷い換えれば、焦点面のシフトは主として焦点距離の変化の結果である。すなわち、

$$d_i \approx \delta_i; d_i' \approx \delta_i' \quad (23)$$

この近似および式中 (18) の近似により、概略の結果は、テレセントリシティ条件に関して

$$q_p = f_i f_i \quad (24)$$

テレセントリシティを有する色消し条件に関して、

$$\frac{(\delta_i / f_i)}{(\delta_i' / f_i')} \approx \frac{p}{(p + f_i)} \quad (25)$$

実際において解決は  $\delta_i / f_i < \delta_i' / f_i'$  ならば  $p$  に関して見出されることがある。すなわち第1レンズは第2より小さい色作用を持たねばならない。留意すべきことは、式 (24) および (25) を満足するような  $p$  および  $q$  の選択はいずれにしても上述した画像または倍率条件に影響をおよぼさない。さらに、最後のレンズは式 (24) および (25) によって表現された条件に影響を及ぼさない

大きさに簡単に見積られることができる。これは  $\delta_i'$  がレンズの大きさに拘らず  $f_i'$  に比例するためである。最後のレンズの大きさのみを見積る（スケーリング）ことはコラムについての倍率を変化するような好都合な方法を提供する。

レンズのひずみの作用を次に検討する。イオンが丸いレンズを通過するとき、第3順位の収差が発生する。これらの収差を含んでいる焦点面対焦点面変換は式、

$$\begin{aligned} r_i &= f_i \theta_i + A r_i \theta_i + B r_i \theta_i + C r_i \theta_i \\ \theta^* &= -r_i / f_i + a r_i + b r_i \theta_i + \\ &\quad c r_i \theta_i + d \theta_i \end{aligned} \quad (26)$$

を有する。ここで  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$  および  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  は特別なレンズジオメトリおよび電圧比についての定数である。式 (7) の点ソース条件  $r_i = D \theta_i$  に加えて、レンズ  $L$  へのこの表現の適用は動描マトリックス  $\Delta$  についての以下の結果、

$$\Delta = \begin{bmatrix} 0 & F(p) & \theta_1 \\ & & \theta_2 \\ 0 & G(p) & \theta_1 \end{bmatrix} \quad (27)$$

になる。ここで、

$$F(p) = A p^3 + B p^2 + C p + D \quad (28)$$

$$G(p) = a p^3 + b p^2 + c p + d$$

レンズ L' の  $F_{L'}$  での放射線の座標は

$$\begin{bmatrix} r_{L'} \\ \theta_{L'} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & q \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} r_L \\ \theta_L \end{bmatrix} \quad (29)$$

によって与えられる。

第3順位より大きい誘起された収差を無視すると、式 (7)、(26) および (29) は

$$r_{L'} \approx (f_L - q p / f_L) \theta_L \quad (30)$$

$$\theta_{L'} \approx (p / f_L) \theta_L$$

になる。

テレセントリシティ条件がほぼ満足させられると仮定すると、 $r_{L'}$  は小さくかつ  $r_{L'}$  より大きい倍率は無視される。レンズ L' への式 (26) の適

用は、

$$r_{L'} \approx f_L \theta_L + C (q p / f_L - f_L)$$

$$(p / f_L) \theta_L \theta_L + D (p / f_L) \theta_L$$

$$\theta_{L'} \approx -r_{L'} / f_L + C (q p / f_L - f_L)$$

$$(p / f_L) \theta_L \theta_L + D (p / f_L) \theta_L$$

$$\theta_{L'} \approx -r_{L'} / f_L + C (q p / f_L - f_L) \quad (31)$$

を付与する。

$L'$  についての動揺変換は直ぐ後に統く

$$\Delta = \begin{bmatrix} 0 & F'(p) & \theta_1 \\ & & \theta_2 \\ 0 & G'(p) & \theta_1 \end{bmatrix} \quad (32)$$

ここで、

$$F'(p) = C' \cdot (q p / f_L - f_L) (p / f_L) + D' (p / f_L) \theta_L$$

$$F'(p) \approx D' (p / f_L) \theta_L \quad (37)$$

を意味し、それはテレセントリシティによりひずみのない条件。

$$G'(p) / (D' / f_L) \approx (p / f_L) \theta_L \quad (38)$$

を付与する。

式 (31) によれば、 $D'$  は長さの寸法を有する。それゆえ、最後のレンズが大きさにおいて見積られると、 $D' / f_L$  は一定のままでありそして一旦満足させられた式 (38) は最後のレンズの実際の大きさに関係なく常に満足させられる。上述したように、これはまた色消し状態についての状態である。

$G(p)$  が  $p$  において多項式中であるので、 $p$  についての式 (38) の実際の解決は論理に基づいて保証されない。しかしながら、レンズおよびそれらの関連のバラメータ、電圧比および大きさの選択は式中 (24) および (38) によって表される 3 つの条件を同時に満足させる  $p$  および  $q$  について見出されるような許容し得る実際の値を可能にするよう

$$G'(p) = c' (q p / f_L - f_L) (p / f_L) + d' (p / f_L)^2 \quad (33)$$

式 (11) に上記の  $\Delta$  および  $\Delta'$  を置換することは合計動揺変換マトリクス  $P$ 、

$$P = \begin{bmatrix} F'(p) & \theta_1 \\ f_L & \theta_1 - f_L \cdot G(p) \cdot \theta_1 \\ G'(p) & \theta_1 \\ f_L & \theta_1 - 1/f' (F(p) + qG(p)) \cdot \theta_1 \end{bmatrix} \quad (34)$$

を付与する。

かくして、幾何学的収差を生じる画像面での動揺  $\Delta r_{L'}$  は

$$\Delta r_{L'} = 1 (f_L) G(p) - (p / f_L) F'(p) + (p / f_L) \theta_L \quad (35)$$

である。

ひずみのない画像についての条件はかくして

$$(f_L / p) G(p) = F'(p) / f_L \quad (36)$$

でありかつほぼテレセントリック状態に関して、式 (33) は

に選択されることができかつしたがってテレセントリックビームにおいて最小にされるようなレンズのひずみおよび色ぼけの作用を確実にする。

これらの原理によれば、第1レンズが加速アインツエルレンズでありかつ第2がギャップレンズである本発明のレンズ装置は記載されたレンズ装置の他の重要な特性とともに、色ぼけおよびれんすひずみの実質上同時の最小化およびほぼテレセントリシティの獲得を可能にする。このような装置のイオンビームがマスクにおいて所望の低レベルのエネルギーおよびウエーハにおいて非常に高いエネルギーを有することができるということが特別な特徴である。加速アインツエルレンズは第2図の設計において先行するギャップレンズより僅かだけ多く収差がある。色消し $\delta_1$ 、 $\delta_2$ 、 $\delta_3$ 、 $\delta_4$ を満足させるために、ギャップレンズは加速アインツエルレンズより低い電圧比において作動するように選択することができる。しかしながら、一般に、 $G(p) > D'$ 、 $D' = 1$ でかつ式(38)はこの配置に関して $p$ のかなり大きな値で満足させ易い。

6. クーベットに当たるイオンの最終エネルギーは50~200KeVである。

7. 機械の寸法はレンズ系の共役長さの短いことにより代表的な集積回路製造設備の条件と一致する。

#### 計測学

走査に間中、 $x$ 、 $y$ 並進のごとき直線誤差、 $M_x$ または $M_y$ および中の誤差はアライメントビームレットによって検知され、それからの信号はリアルタイムにおける対応イオン光学要素へ補足電圧を印加するのに使用される。

しかしながら、必然的に、機械の物理的構成の不完全は画像の非直線の幾何学的ひずみおよび色ぼけに至る。時々、出来るだけ多くこれらの誤差を補正するために、このようなひずみおよびぼけについての種々のイオン光学パラメータの作用は装置の光学的要素が補正を行うように設定されることができるように経験に基づいて決定されねばならない。

誤差を測定するために、装置はビームレットのパターンを作るためにスリットを有する計測マスク

完全なテレセントリシティの条件は基本的なリソグラフの必要条件ではない。ビームが完全にテレセントリックであるよりむしろほぼテレセントリックである条件を許容することは色消し、ひずみなしの搬送のための条件と同時に合致することにおいて多くの範囲および柔軟性を許容する。

第2図に示した好適な実施例のイオン光学概要を使用すると、装置はサブミクロンの特徴を有する上質のマイクロチップの製造に関して以下の性能特性を同時に備えることができる。

1. マスクに比して少なくとも1.5:1または2:1の率で減少されかつ画像面において適応せられる少なくとも10mmである画像の形成。
2. 画像のひずみは0.2ミクロン以下である。
3. イオンのエネルギー拡散による画像のぼけは50nm位である。
4. 装置は画像面においてほぼテレセントリックである。
5. イオンの初期エネルギー(マスク面での)は1~10KeVである。

(第10a図) および精密ステージ306に取り付けられた検知器スリット装置 $S_1$ 、 $S_2$  (第9図、第11a図) を使用することにより計測モードに配置される。計測マスクのスリット装置によって発生されるビームレットはX方向またはY方向にステージを(ステージに固定された検知器304とともに) 移動することにより計測ステージ上のスリット $S_1$ または $S_2$ によって遮断される。遮断するビームレットを遮断するのに必要とされる運動量は各ビームレットの実際の位置を決定しつつこの位置をマスクの対応スリットの名目上の位置と(投射のスケールを考慮して) 比較することにより、ビーム界のそれぞれの領域の幾何学的ひずみの誤差が決定される。同様に、付与されたビームレットが検知信号を発生し続けるスロットの運動量を決定することにより、ビーム界の領域におけるぼけの量を決定するような名目上のビームレット幅に比較されることがあるビームレットの幅が決定される。これらの調整閾数から必要な補正パラメータが引き出されることができる。

この装置を使用する好適な実施例を以下に詳細に説明する。計測マスクによって発生されるパターンは投射領域のXおよびYのリボン形状計測ビームレットの $(2n+1)^2$ 対(n=所望の解像度を備えるのに十分な整数)からなる。図示のため第10図のパターンはn=2に関してである。第10b図に見ることができるように、各対のビームレットは非干渉であるがそれらの長手方向の投射の交点により独特なX、Yフィールド点を画成するように互いに近接している。特別な計測マスクによってダイファイールドに作られかつコラムを通って投射されたこれらのビームレットは光学系によって減じられる。4の因数による縮小の場合において、最初のマスク開口は、10mm×10mmのフィールドにわたって、4:1の縮小により、約4.0mm×4.0mmのフィールドを横切ってかつウエーハ上に間隔が置かれる。

各リボンビームレットの重心位置および幅は、順次X、Yステージ118(第9図)に取り付けられる計測ステージ306(第9図、第11a図)に支

持される2次電子を集める、例えばチャンネルtronであってもよい小さな検知器304を使用する0.01ミクロンの絶対精度により測定される。ビームレットはステージ上でスリット330(第9b図および第11a図のS<sub>1</sub>またはS<sub>2</sub>)に入りかつ金属面308上で衝突する。表面308から放出される2次電子310がチャンネルtron304によって検知される。

第9a図および第9b図を参照すると、計測マスク(第9a図)の2つの垂直スリットは1対の直交ビームレット0<sub>1</sub>および0<sub>2</sub>を形成する。計測ステージ(第9b図参照)上には作像された逆のビームレットを受光するためのステージに取り付けた検知器の上方の2つの直交検知スリットS<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>が設けられる。検知スリットは作像された直交ビームレットの1つのみが1度にステージ上のそのそれぞれのスリットを通過することができるよう図示のごとく配置される。この実施例において、ビームレット0<sub>1</sub>は負の軸線Xに対して垂直に心出しされかつビームレット0<sub>2</sub>は第9b図に示されるように作像す

る前に正のY軸線に対して垂直に心出しされる。各ビームレット逆転を作像した後、0<sub>1</sub>は負のY軸線に対して垂直に心出しされかつ0<sub>2</sub>は正のX軸線に対して垂直に心出しされる。検知スリットS<sub>1</sub>は逆転のビームレット0<sub>2</sub>と一致して位置決めされかつ検知されることができる。検知スリットS<sub>2</sub>は0<sub>1</sub>が測定されているとき衝突ビーム0<sub>1</sub>から離して位置決められる。この配置は0<sub>2</sub>からのみ生起する検知器によって測定された信号を保証する。同様に、ステージ306は0<sub>2</sub>からの干渉なしに0<sub>1</sub>を検知するように動かすことができる。

イオン投射機の種々の調整可能なパラメータの画像の品質、ばけおよびひずみについての結果は上述した計測装置を使用する定量的な方法において描写されることがある。順次これは画像の品質を最適化しかつ機械の物理的構造に必然的に存在する不完全さおよびパターン化された製造マスクに存在するかも知れない幾つかの型の非直線誤差を実質上補正するようにパラメータが規定の値に設定されることができる。

機械に関して1組の代表的なn個の調整可能なパラメータがある。

1. 第1レンズの軸線に対するソースのX位置。
2. 第1レンズの軸線に対するソースのY位置。
3. 第1レンズの軸線に対するソレノイドのX位置。
4. 第1レンズの軸線に対するソレノイドのY位置。
5. 第1レンズの軸線に対する第2レンズのX位置。
6. 第1レンズの軸線に対する第2レンズのY位置。
7. 第1レンズの軸線に対するマスクのX位置。
8. 第1レンズの軸線に対するマスクのY位置。
9. ソレノイドを通過する電流。
10. 多極の各々の個々の電極上の電圧。
11. 2つの主レンズの電圧上の微調整。
12. 磁気シールドの電流要素を通過する電流。
13. 画像の軸方向位置。
14. 第1および第2レンズ間の間隔。

15. イオン源からの抽出電圧。

16. イオンビームエネルギー拡散に影響を及ぼすイオン源の選択されたバラメータ（または複数のバラメータ）（例えばイオン源での磁界、フィラメント加熱電力またはガス圧）。

調整可能なバラメータのために最適な設定を計算するために、まず、次に示されるようなそれぞれの傾斜または「クサビ」作用を測定することである。 $n$  個のバラメータは名目上の初期値  $P_j$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) で設定される。前述されたような計測（メトロロジ）マスクおよびステージに取り付けた検知器および直交スリットを使用すると、誤差  $Q_i(X, Y)$  はマスクから画像面に投射された直交対のビームレット（第10図に示した）によって形成された各フィールド点  $(X, Y)$  において測定される。指數  $i$  は誤差の型に関連する。

例えば、

$Q_x(X, Y)$  = 位置  $X$  からの  $X$  のずれ

$Q_y(X, Y)$  = 位置  $Y$  からの  $Y$  のずれ

$Q_b(X, Y)$  = 画像ビームレットの  $X$  のぼけ

$Q_b(X, Y) =$  画像ビームレットの  $Y$  のぼけ  
バラメータ  $P_j$  の 1 つはその場合に量  $\Delta P_j$  だけ値が変化されそして変化されない組の誤差関数  $Q_{j+1}(X, Y)$  は計測装置により測定される。クサビ（シム）関数は以前の誤差  $Q_i$  と調整  $\Delta P_j$  の大きさで除算されるバラメータ  $P_j$  の調整後の誤差  $Q_{j+1}$  との間の単なる差である。

すなわち、

$$S_{j+1}(X, Y) = (Q_{j+1}(X, Y) - Q_i(X, Y)) / \Delta P_j$$

バラメータ  $j$  はその初期値  $P_j$  に戻されかつ測定過程はクサビ関数  $S_{j+1}$  がすべてのバラメータ  $j = 1, 2, \dots, n$  に関して決定されるまで繰り返される。

誤差関数上の動搖が調整可能なバラメータ、通常小さな調整の場合の  $P_j$  の値のシフト  $\Delta P_j$  に直線的に依存する範囲まで、シフトの一般的な設定から生じる誤差関数は

$$Q_i(X, Y) = Q_i(X, Y) + \sum_j \Delta P_j S_{j+1}(X, Y)$$

によって付与される。

数値的分析における公知の技術（例えば、1981年、10033ニューヨーク、第5アベニュー111のアカデミック・プレス発行のビー・イー・ギル・ダグリュー・ミューレイ、エム・エッチャ・ライトによる実用最適化技術（ブラックタイカル・オブティマイゼーション・テクニクス）を使用すると、最適な設定の調整  $\Delta P_j$  は誤差関数  $Q_i(X, Y)$  の幾つかの関数を最小にする機械のコンピュータ装置によって決定ができる。例えば、代表的な最適化は各型の誤差  $i$  について限界  $L_i$  が設定されかつ画像フィールド全体にわたって観察される最大誤差  $Q_{MAX}$  と限界  $L_i$  との間の差が最小である。

すなわち、

$|Q_{MAX} - L_i|$  が最小であり、ここで、  
 $Q_{MAX} = MAX(|Q_i(X, Y)|)$  （すべての  $X, Y$  に関して）であるように最適化できるかも知れない。さらに、最適化はバラメータ値  $P_j$  および／または誤差  $Q_i$  についての実際の拘束に従うことができる。代表的な有用な拘束は各バラメータ値の範囲を制限することができる。すなわち、

$$|P_j| \leq P_{MAX}$$

ここで、

$$P_j = P_j + \Delta P_j$$

および  $P_{MAX}$  は  $P_j$  の最大許容値である。公知のマスク誤差を同時に補正することが望まれるならば、 $Q_{MASK} = Q_i(X, Y)$  次いで  $|Q_{MAX} - L_i|$  が最小にされる。

ここで、今、

$$Q_{MAX} = MAX(Q_i(X, Y) + Q_{MASK}(X, Y))$$

である。

計測装置および最適化方法の大きな利用性はクサビ関数  $S_{j+1}(X, Y)$  が一般に時間により全く安定でありかつ時折測定されるのみである。他方にいて、変化がイオン投射機の物理的環境、例えば、温度または気圧の変化において発生するとき、最適な性能を得るようなクサビ関数（かつそれゆえバラメータ  $P_j$ ）の特別な結合がまた一般に変化する。適宜なコンピュータプログラムを使用すると、所定の変化は計測装置が名目上存在する誤差  $Q_i(X, Y)$

)を一旦測定すると上述した技術によって迅速に計算される。

好適な実施例において計測検知装置は第2図に示したステージ40にまたは第11a図および第11b図に示されるようなステージ118に永続的に取り付けられる。その場合にそれは調整可能なバラメータがその後最適化することができる現存の誤差Q<sub>1</sub>(X,Y)をいつでも迅速に測定するのに使用されることがある。

計測測定は西側フィールドの大きさにわたってのみなされる必要があるので、代表的に2.0×2.0mより大きくなく、スリットS<sub>1</sub>およびS<sub>2</sub>のX、Y位置はレーザ干渉計332および比較的小な直交ミラー314を使用して測定されることができる。計測スリットS<sub>1</sub>およびS<sub>2</sub>のX、Y位置はレーザミラー316および堅固に接続された干渉計116および332を介してコラムに関連づけられる。またビームは第9図に示した基準リング300および前述した走査および検知装置を使用することによりコラムの端部で安定条件において維持される。リ

ングはコラムの端部に堅固に取着されかつアライメントマーク302を有している。走査および偏向装置はこれらのマークを検知しつつそれらに関連して露光の位置を維持する。

前述されたアライメント装置が使用される配置において、第11a図および第11b図に示した粗製のX、Yステージ118はウエーハ248上に画像を作るためのレーザ干渉計位置制御に必要ない。計測検知スリットに必要とされる位置精度は別個の限定範囲ステージ306にスリットS<sub>1</sub>およびS<sub>2</sub>およびミラー314を取り付けることにより実現される。

第11a図および第11b図を参照して、計測ステージ306は粗製のX、Yステージ118に取り付けられかつ極めて迅速にビームレット位置のプラスまたはマイナス5ミクロン内で移動されることができる。検知器ケージを有する計測ステージ自体が、例えばXおよびY方向にプラスまたはマイナス15ミクロンで検知器を移動することができる圧電変換器のごとき変換器を備えている。X、Yステージ

が計測ステージを投射ビームレットの1つの近似位置に一旦動かすと、計測ステージはビームレットの正確な中心および幅を見出すように移動される。

粗製のX、Yステージ118は、例えばウエーハ248が後側からそれに挿入されるができる約9インチ四方の大きなブロック374の使用を可能にする通路370に取り付けられる。ウエーハを露光するのに必要とされる動きは、例えばガラス定規(ルール)または2軸レーザ干渉計法からなる制御下の例えばdc(直流モーター)により達成される。ステージはプラスまたはマイナス5ミクロン内の良好な精度によりこの9×9インチ領域内のいずれの位置にも歩進されることができる。ミラーがステージに取着されるとその場合にレーザ干渉計との組合せで位置はミクロンの何分の1内に設定されうることができる。

計測装置の有用性は検知器スリットのX、Y位置決めの精度かつそれゆえステージ306の精度に依存する。第11a図および第11b図に示した配置において、ステージはレーザ干渉装置によって決定

された種々のX、Y値においてウエーハ248上の計測基準マーカを押し付けることにより精密かつ目盛り付けされることができる。ウエーハ上にこれらのマーカの位置はニコン21光学系または電子ビームツールのごとき、オフライン計測手段を使用して独立して確かめられることができる。

本発明の幾つかの変更および变形は上記教示に鑑みて検討されるとき可能である。それゆえ理解されることは、本発明の範囲はここに開示された詳細に限定されず、しかも特別に説明された以外にも実用されることができ、そして本発明は上述した特許請求の範囲によってのみ限定されるということである。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は好適な実施例のイオンビームリソグラフィ装置の平面図。

第1a図は第1図の装置の正面図。

第1b図は第1図の装置の磁気シールドの概略侧面図。

第1c図は第1図の線1c-1cの断面図。

第2図は、装置のイオンビーム軌道および内部構

成要素を示す第1図および第1a図の装置の3次元切欠き図、

第2a図は第2図に示したコラム領域の拡大図、

第2b図は第1図のアライメントビームスキャナおよび検知装置の拡大概略図、

第2c図は第1図の実施例により使用された電源のブロック概略図、

第2d図は第1図において使用した多極アレイの概略斜視図、

第2e図は本発明によるアライメント装置のブロック図、

第3図はレンズひずみおよび／または色ぼけの存在によって動揺させられているイオンビーム放射線を示す2枚レンズの光学装置の概略図、

第4図は質量選択および事実上のソース点を位置決めするためのソレノイドの作動を示す概略図、

第5図は第1図の実施例からのマスク円形コンベヤおよびビームシャッタの概略図、

第6図は2枚のレンズ系により達成されるバレルおよびピンクッションひずみの補正の概略図、

第7図はレンズ間の領域の平行イオン通路の形成および本発明による第2レンズ後のテレセントリックビームの創出を示す概略図、

第8図は2つのソース／マスク距離用のレンズ間の距離の関数としてプロットされた色ぼけからのレンズひずみおよび線幅の広がりを示すグラフ説明図、

第9図は計測モードの装置により本発明のターゲット領域の概略図、

第9a図は計測モードに使用されたビームレットを形成するための計測マスクの開口の概略図、

第9b図はマスクによって形成されたビームレットの測定用の計測ステージのスリットの概略図、

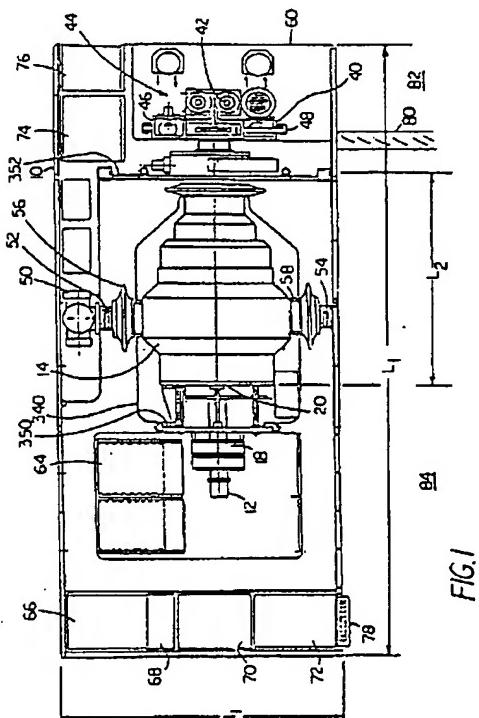
第10a図は計測モードにおける装置による測定に使用される画像バターンの説明図、

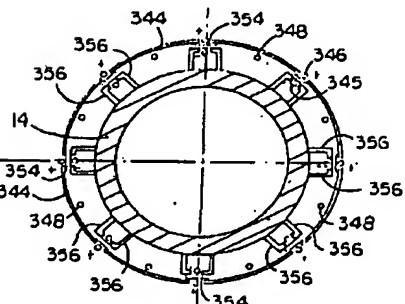
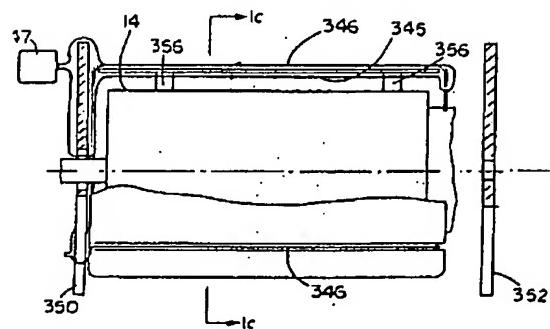
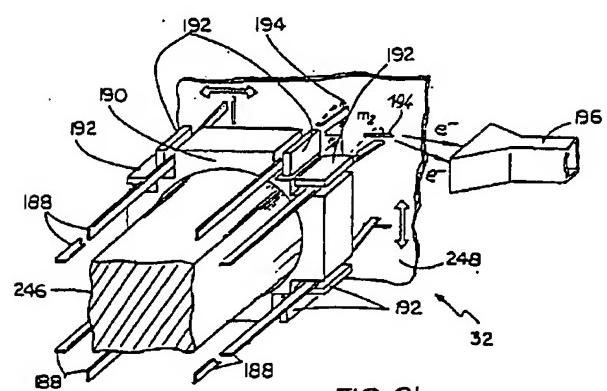
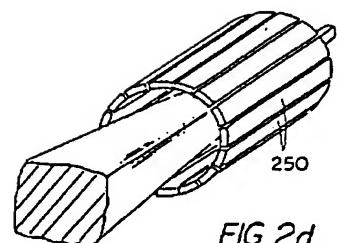
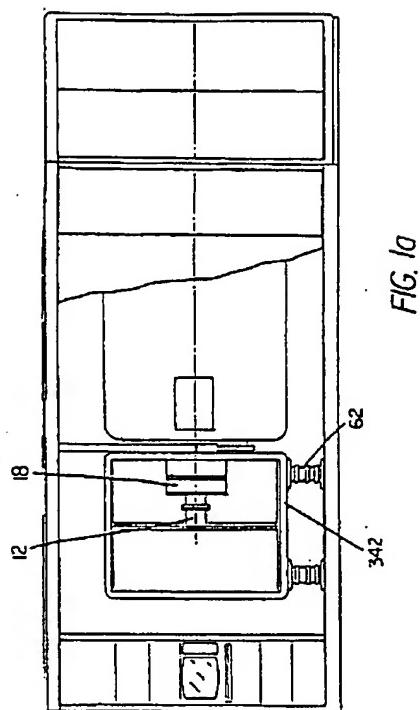
第10b図は第10a図の画像バターンの構成要素の拡大図、

第11a図はターゲット区域および計測ステージの上面図、

第11b図は第11a図の線A-Aに沿う断面図である。

図中、符号10はエンクロージャ、12はイオン源、14は光学コラム、18はソレノイド、20はマスク枠体、22はアインツエルレンズ、24はギャップレンズ、26はターゲット、28、34は多極体、30は開口、32はアライメントビームスキャナおよび検知装置、38はシャッタ、40はステージ、42はチャック、46、48は真空ロック、50は真空ポンプ、52、54はペローズ、66は電源、68は電力分配パネル、70はサービスモジュール、72は真空装置、76はコンソール、150は抽出電極、152は抑制電極、164はマスク、168はシリンド、170はコイル、176は第1電極、178は第3電極、180は中央電極、192は走査板、194はマスク、196は検知器、210は制御開口、244はビーム、248はウエーハ、300はアライメントリング、302はマーク、306は計測ステージ、460は補正信号発生器である。





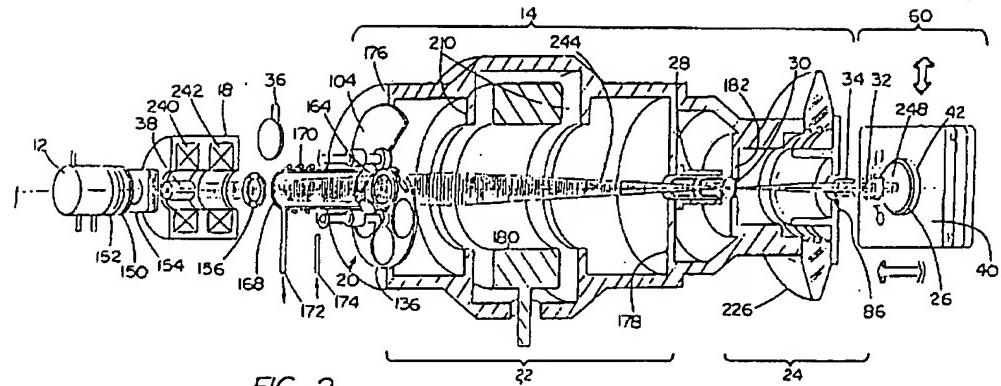


FIG. 2

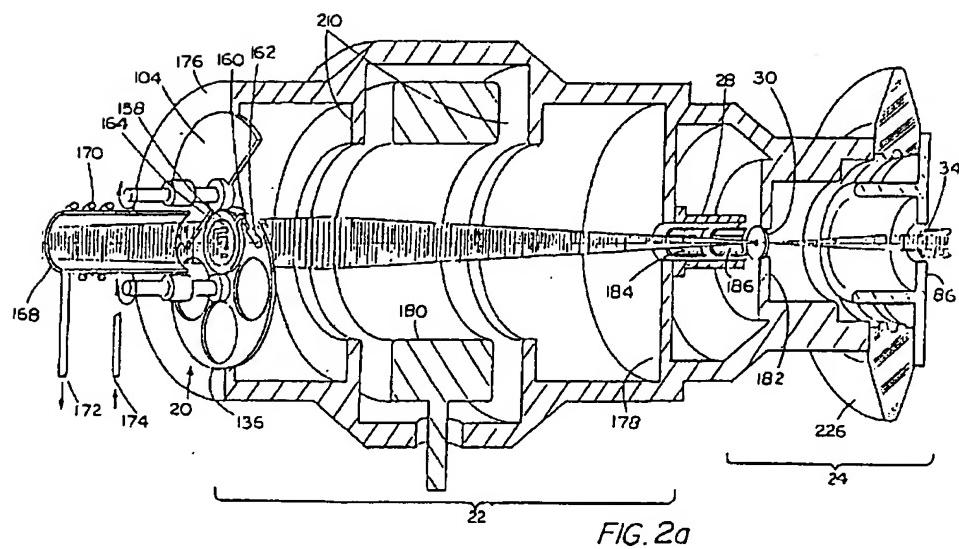


FIG. 2a

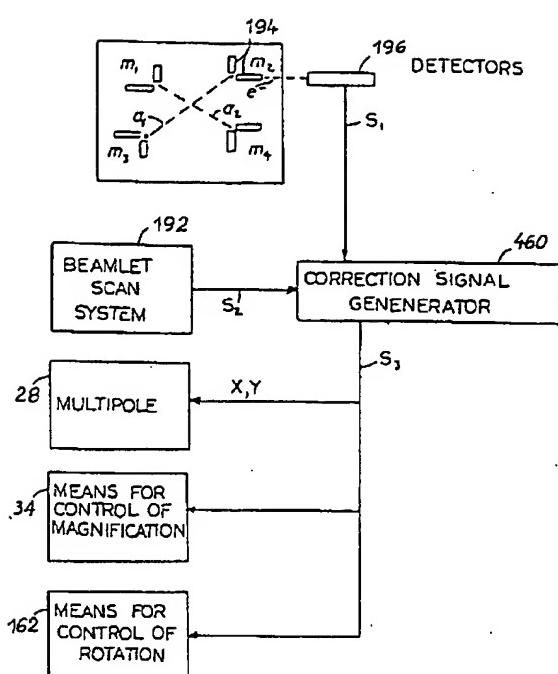


FIG.2e

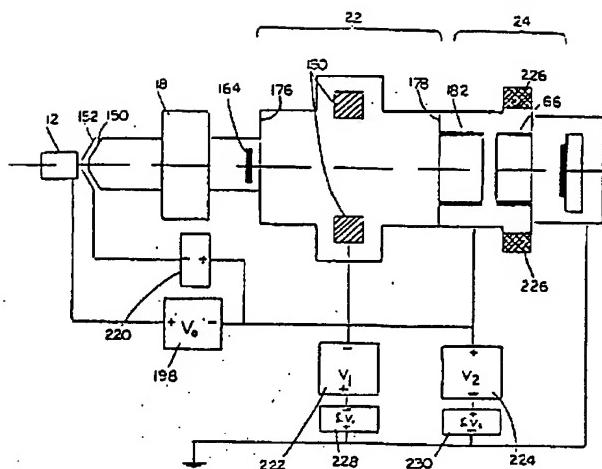


FIG. 2c

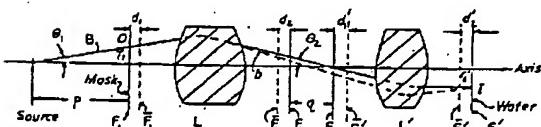


FIG. 3

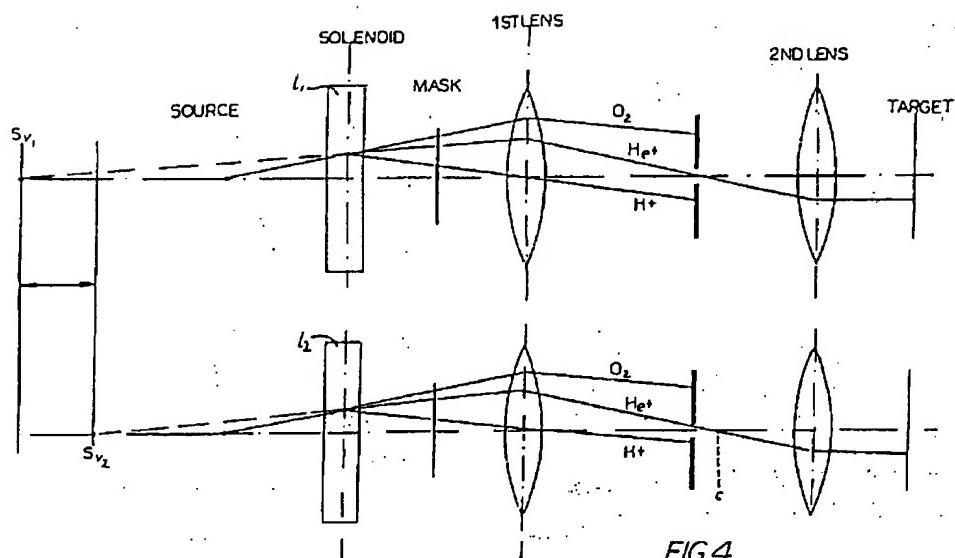


FIG. 4

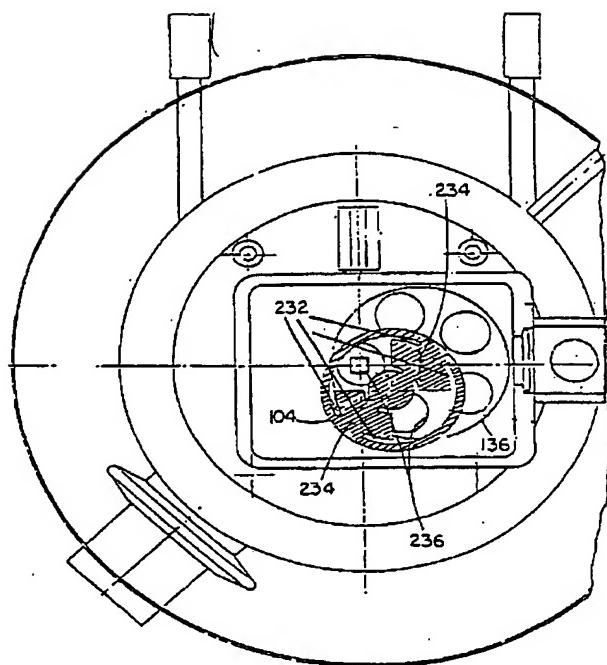


FIG.5

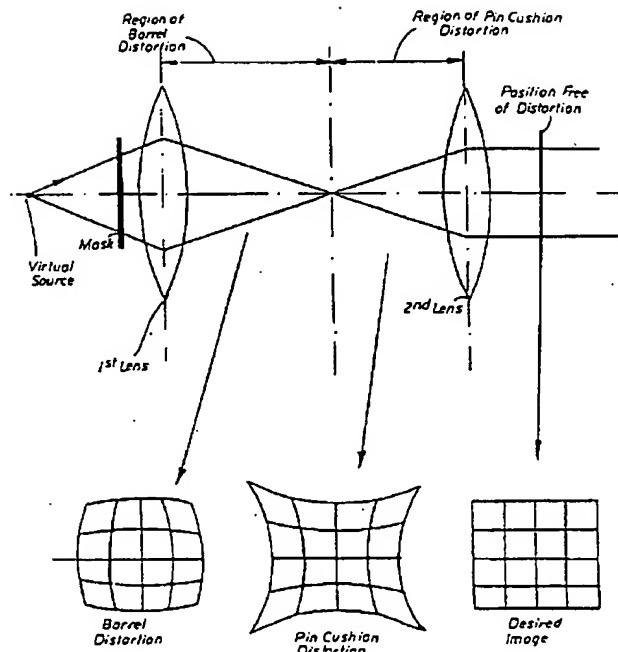


FIG.6

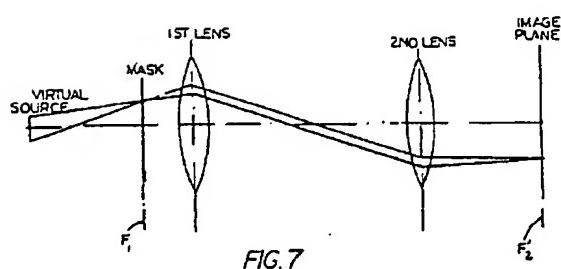


FIG.7

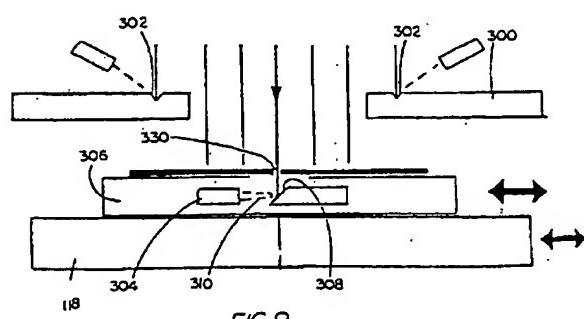


FIG.9

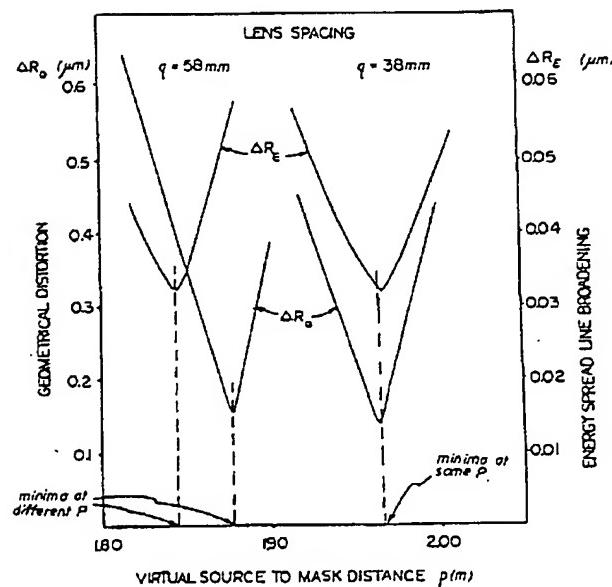
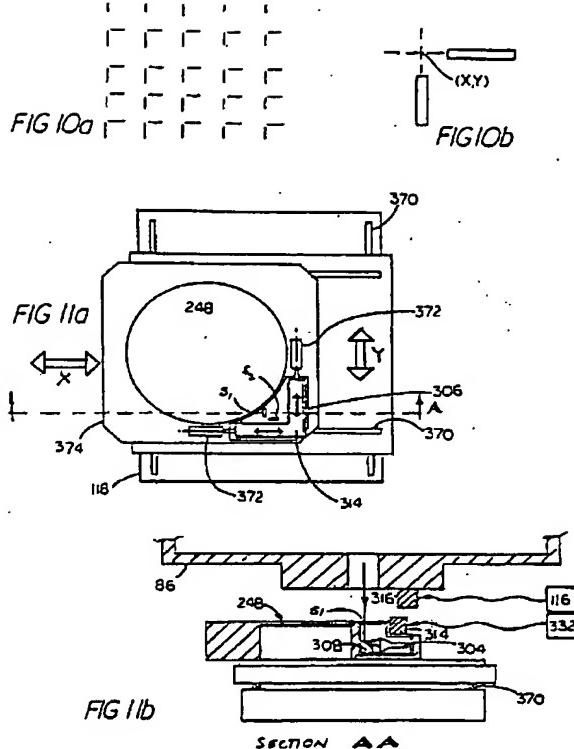
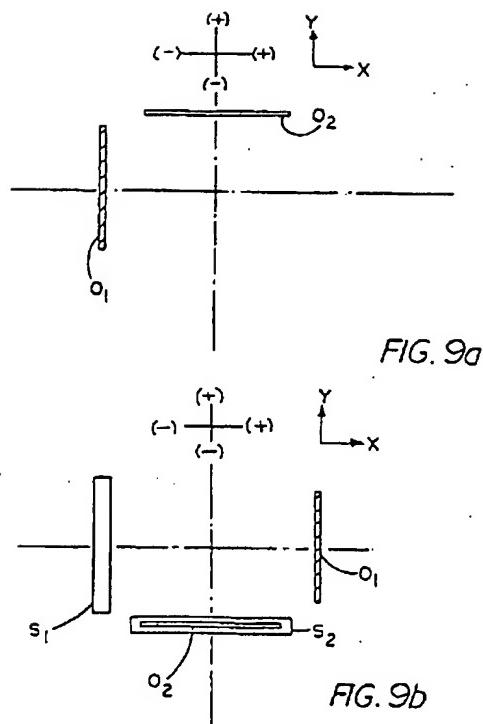


FIG.8



第1頁の続き

優先権主張  
②1988年6月2日③米国(US)④201959

②1988年7月29日③米国(US)④226275

②発明者  
ヒルトン エフ グラ アメリカ合衆国、マサチューセツ 01970、サレム、10  
ビツシュ ノーマン ストリート (無番地)

正 確 捉

平成1年 9月 19日

特許庁長官 殿

## 1. 事件の表示

平成1年特許願 第140231号

## 2. 発明の名称

イオン投射リソグラフィー装置および方法

## 3. 捉正をする者

事件との関係 特許出願人

住所 オーストリア国、A-1020 ウィーン  
シュライガッセ 3名称 イーエムエス イオーネン ミクロファブ  
リカチオンス ジステーメ ゲゼルシャ  
フト ミト ベシェレンクテル ハフツング

## 4. 代理人 〒170

東京都豊島区北大塚2-25-1  
太陽生命大塚ビル3階 電話(917)1917  
(7528)弁理士 小林和憲  
(ほか1名)

## 5. 捉正命令の日付

自発

## 6. 捉正の対象

(1)願書

(2)代理権を証明する書面

(3)明細書全文

(4)図面

## 7. 捉正の内容

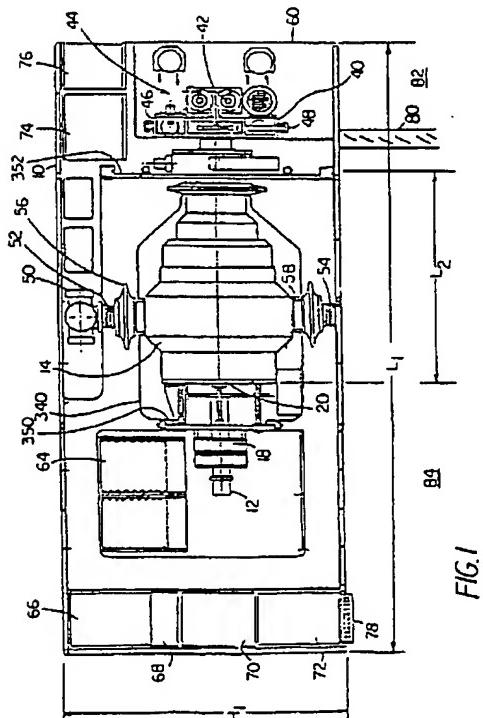
(1)特許出願人の代表者の氏名を記載した訂正願書を提出いたします。

(2)代理権を証明する書面(委任状)を訳文を添えて提出いたします。

(3)タイプ打ちした全文明細書を別紙のとおり提出します。(なお、清書した明細書の内容に変更ありません。)

(4)鮮明に描いた図面(全図)を提出します。

特許庁



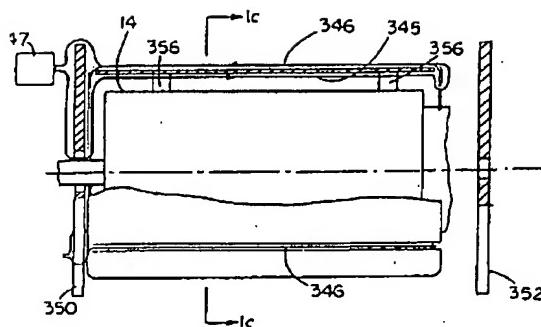


FIG. 1b

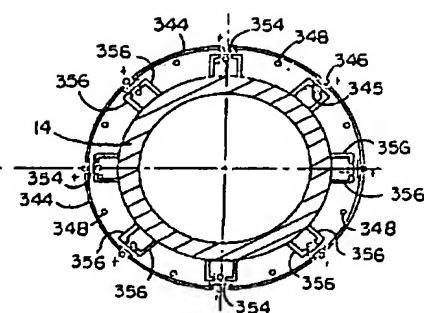
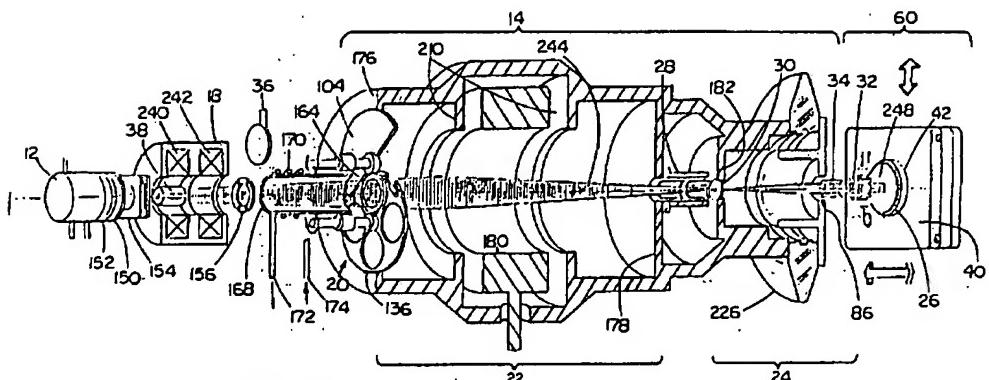


FIG. 1c



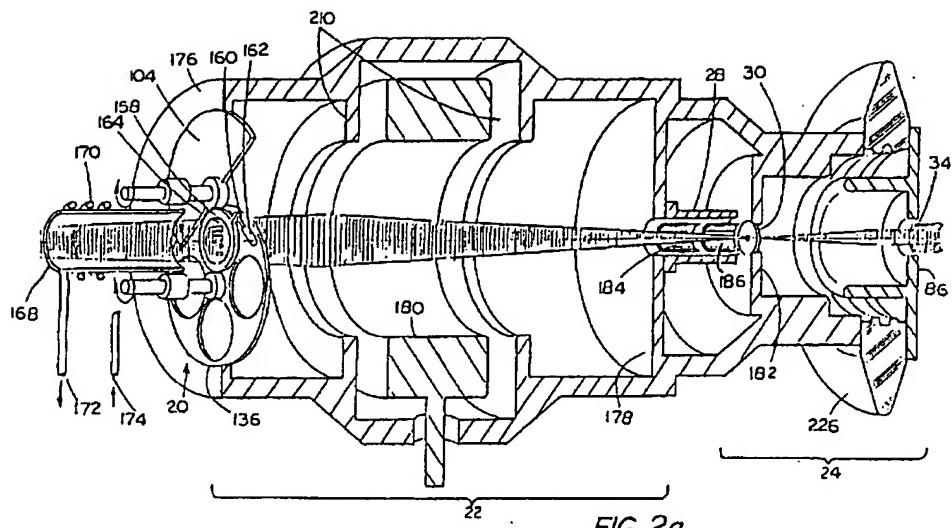


FIG. 2a

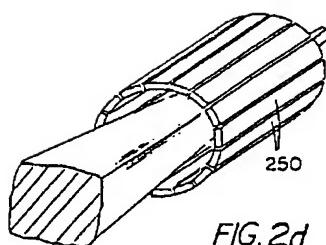


FIG. 2d

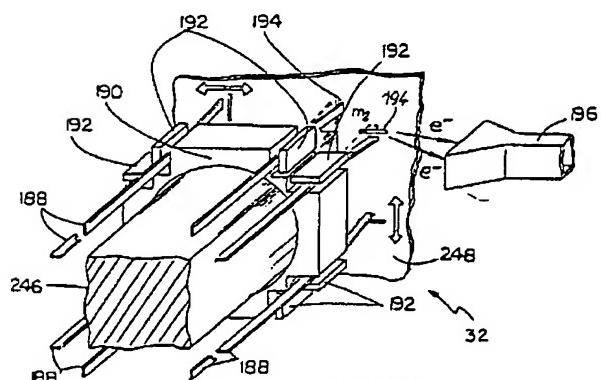


FIG. 2b

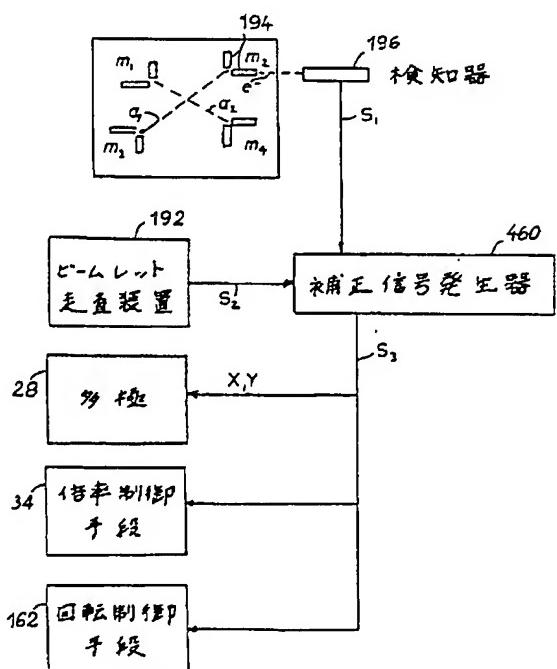


FIG. 2e

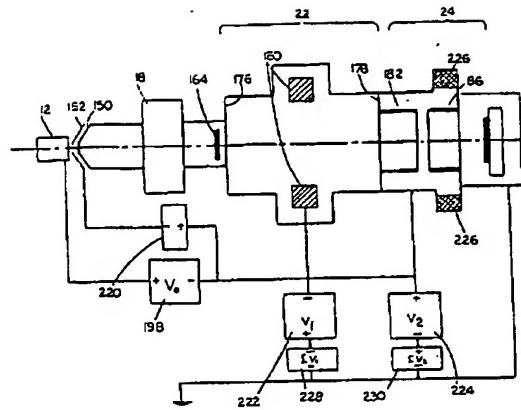


FIG. 2c

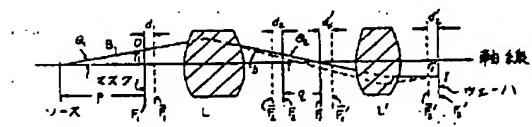


FIG. 3

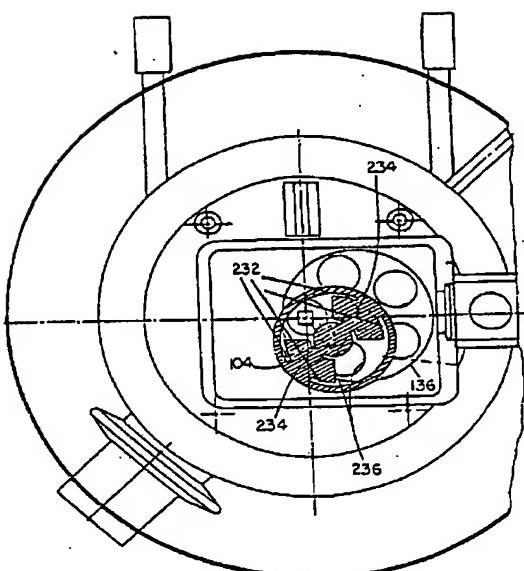


FIG. 5

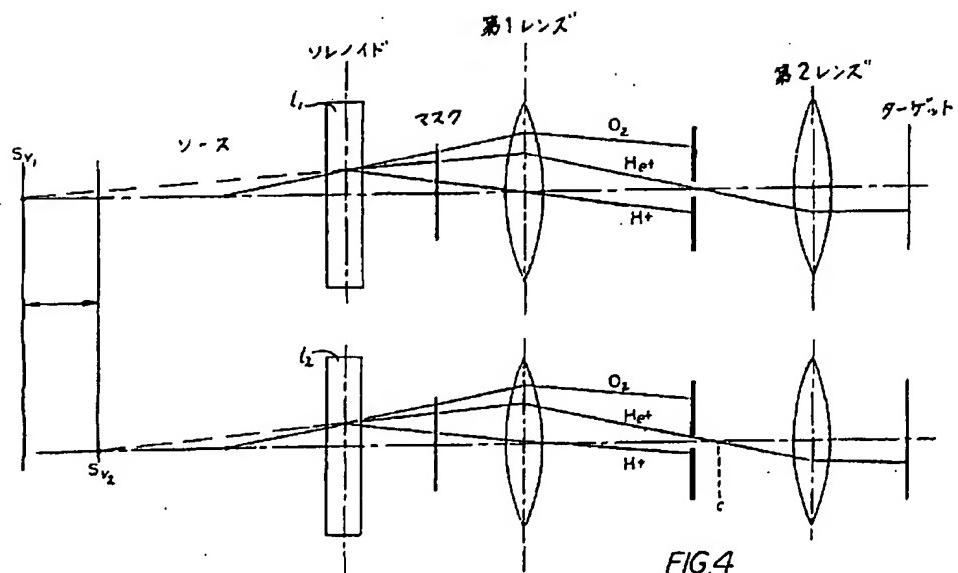
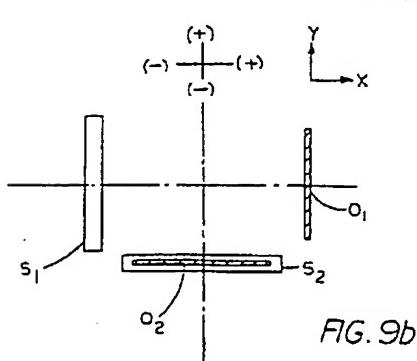
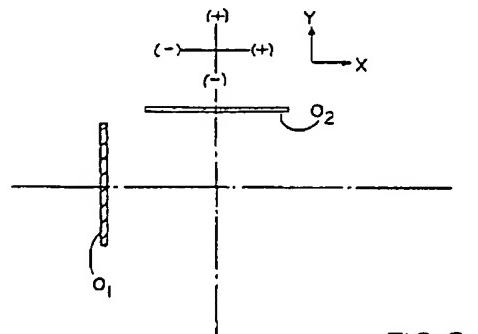
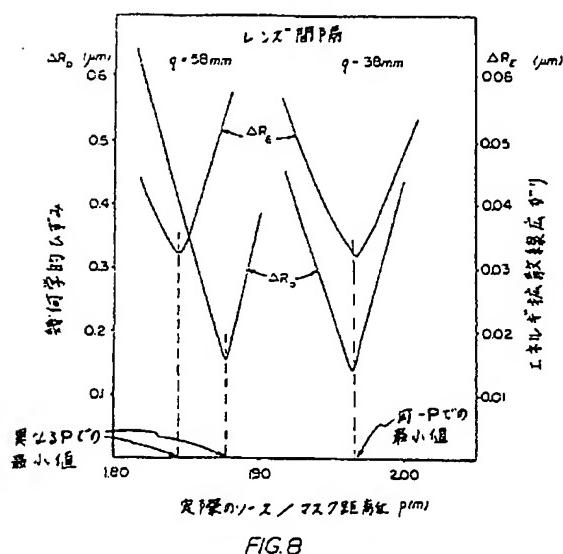
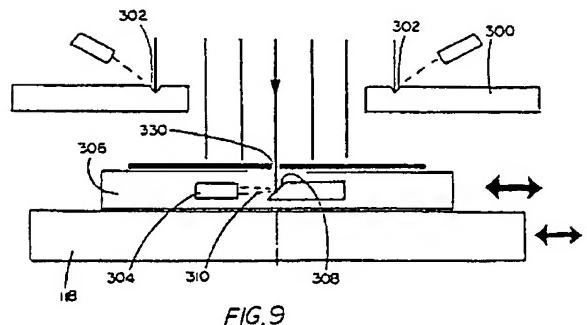
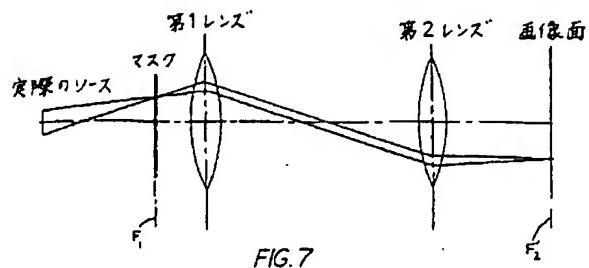
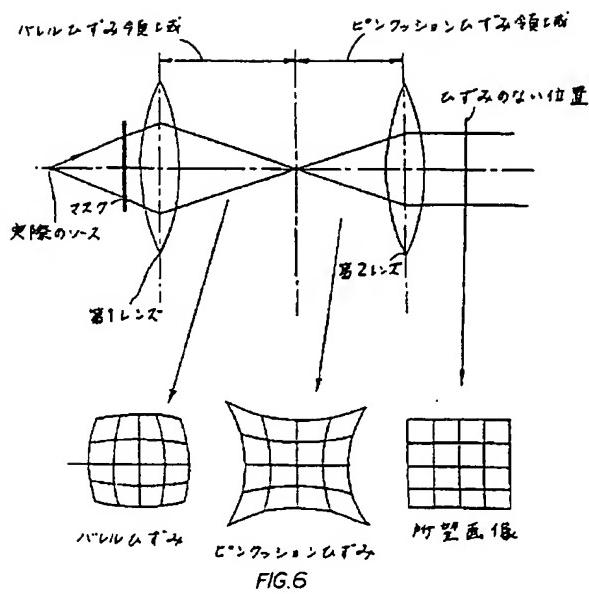
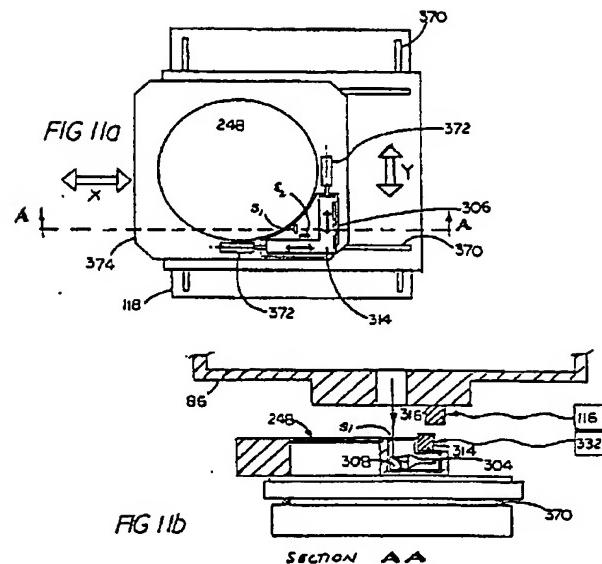
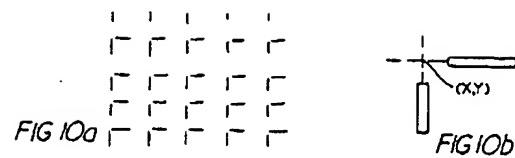


FIG. 4





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**